

Käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmat Kevitsan kaivokselle  
alle 1000 V järjestelmille

Eeva Huuhtanen

Opinnäytetyö  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Sähkötekniikka  
Insinööri (AMK)

2015

Tekniikan ja Liikenteen ala  
Sähkötekniikka

---

<b>Tekijä</b>	Eeva Huuhtanen	<b>Vuosi</b>	2015
<b>Ohjaaja</b>	Jaakko Etto, DI Petri Koivula, Sähkökunnossapidon työnjohtaja Pertti Mikkola, Sähkökunnossapidon osastopäällikkö		
<b>Toimeksiantaja</b>	FQM Kevitsa Mining Oy		
<b>Työn nimi</b>	Käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmat Kevitsan kaivokselle alle 1000 V järjestelmille		
<b>Sivu- ja liitemäärä</b>	61		

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmat FQM Kevitsan kaivokselle alle 1000 V sähköjärjestelmille. Opinnäytetyön keskeisin tavoite oli saada käyttö- ja kunnossapitosuunnitelma mahdollisimman monelle erityyppiselle alle 1000 V sähköjärjestelmälle, jotka sijaitsevat kaivosalueella.

Työn alkuvaiheessa aikaa käytettiin tutustuen laajasti eri valmistajien materiaaleihin, kuten manuaaleihin, nettisivustoihin, mutta myös kirjatietoon sekä itse kaivosalueeseen. Opinnäytetyössä on myös huomioitu ja esitetty tärkeimmät voimassa olevat lait ja standardit sekä viranomaisvaatimukset että kaivoksen omat turvallisuusvaatimukset.

Opinnäytetyössä on esitetty kustakin aiheeseen kuuluvasta järjestelmästä teoriapohja, joka on tuotu esille toimeksiantajan versiossa sekä oppilaitoksen versiossa. Tämän jälkeen tärkeimmät osat järjestelmistä on otettu tarkempaan tarkasteluun. Kunnossapitoaikataulutus ja kunnossapitotyöt on huomioitu myös järjestelmäkohtaisesti.

Opinnäytetyöprojektin tärkein osa työssä oli teorian ja käytännön sovittaminen yhteen. Näiden kahden tärkeän osan soveltaminen antoi mahdollisuuden laajentaa tietoa käyttö- ja kunnossapidon osa-alueella. Opinnäytetyön tuloksena syntyi laaja käsitys siitä, millainen on hyvä käyttö- ja kunnossapitosuunnitelma. Käyttö- ja kunnossapitosuunnitelman on oltava muunneltavissa saatujen käyttökokemusten ja muuttuvien tarpeiden mukaan.

Asiasanat                      kaivosala,    kunnossapito,    käynnissäpito,    sähkö,  
suunnitelma

Industry and Natural Resources  
Electrical Engineering

---

<b>Author</b>	Eeva Huuhtanen	<b>Year</b>	2015
<b>Supervisor</b>	Jaakko Etto, M.Sc (Tech.) Petri Koivula, Electrical Maintenance Supervisor Pertti Mikkola, Electrical Supervisor		
<b>Commissioned by</b>	FQM Kevitsa Mining Oy		
<b>Subject of thesis</b>	Operating and maintenance design to Kevitsa mining for the under 1000 V systems		
<b>Number of pages</b>	61		

---

The Bachelor's Thesis subject was to establish an operating and maintenance design for under 1000 VAC electrical power systems. The main aim was to execute the operating and maintenance design for eight different types of electrical power systems.

Different types of written material were used in the thesis. Such as manufacturers' manuals, electrical and mining books, safety standards including the company's own safety standard and the European Union safety standards, but also the Finnish standard and law has been taken into account in the thesis.

The thesis presents the theoretical basis of each topic system, which is disclosed in the client version and the version of the Lapland University of Applied Sciences. After this, the main elements of the systems have been taken into further consideration. Maintenance scheduling and repair work has been taken into account in each system.

The best and most important part of the thesis project was to utilize theories and practical knowledge together. To create an operating and maintenance design which is easy to develop and use in the future, when changes in the electrical systems have to be made. The thesis result was two different types of operating and maintenance designs.

As for the conclusion there must be said that using theory and practical knowledge together, is one of the best way to learn how and why industrial companies need good operating and maintenance designs for electrical power systems.

**Key words** design, electricity, maintenance, mining, operation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	FQM KEVITSA MINING OY.....	9
3	LAIT JA STANDARDIT .....	10
3.1	Sähköturvallisuuslaki .....	11
3.2	Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 .....	11
3.3	Sähköalan kunnossapidon vaatimukset.....	12
3.4	KTM:n 517/96 päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä ....	12
3.5	Jäähdytyskoneiden lainsäädäntö .....	15
3.6	Konedirektiivi 2006/42/EY .....	19
4	SÄHKÖNJAKELU KEVITSASSA.....	23
5	KUNNOSSAPITO JA KÄYNNISSÄPITO .....	24
5.1	Kunnossapidon tehtävät .....	25
5.2	Kunnossapidon päälaajat kaivoksella .....	26
5.3	Käynnissäpidon tehtävät.....	27
5.4	Käytön ja kunnossapidon yhteistyö.....	27
6	KUNNOSSAPITOTARKASTUKSET .....	28
7	KESKUKSIEN ETUKOJEET .....	30
7.1	Katkaisijat .....	30
7.1.1	Kompakti- ja ilmakatkaisijat .....	30
7.1.2	Moottorinsuojakytkin.....	31
7.1.3	Käyttökytkin .....	33
7.1.4	Kuormakytkin ja kytkinvaroke .....	33
7.2	Suojareleet.....	33
7.2.1	Vikavirtasuojakytkin.....	34
7.2.2	Lämpörele .....	35
7.2.3	Elektroniset moottorinsuojareleet .....	35
7.3	Sulakkeet ja kontaktorit.....	35
7.3.1	Kontaktori .....	36
7.3.2	Johdonsuojakatkaisija .....	36
7.3.3	Sulakkeet .....	37
8	SÄHKÖTILOJEN KUNNOSSAPITO .....	38

9	JÄÄHDYTYSKONEJÄRJESTELMÄT .....	40
9.1	Koneellinen ilmanvaihto .....	40
9.2	Ilman puhtaus .....	41
9.3	Jäähdytyskoneiden käyttö, huolto ja kunnossapito .....	41
10	MOOTTORIKESKUKSET .....	42
10.1	Simocode-moottorin suojaus ja ohjaus .....	42
10.2	Sulakkeeton moottorilähtö .....	44
10.3	Sulakkeellinen moottorilähtö .....	44
10.4	Moottorikeskuksen kunnossapito .....	45
11	TAAJUUSMUUTTAJAT .....	46
11.1	Taajuusmuuttajan jännitealueet ja sähköiset kytkennät .....	46
11.1.1	ABB:n taajuusmuuttajat .....	47
11.1.2	Vaconin taajuusmuuttaja .....	47
11.2	Taajuusmuuttajavalmistajien huoltosuositukset .....	47
12	VALAISTUSJÄRJESTELMÄT .....	49
12.1	Suojaukset .....	49
12.2	GPO-keskukset .....	49
12.3	Valaistushuolto ja kunnossapito .....	49
13	SAATTOLÄMMITYSJÄRJESTELMÄ .....	51
13.1	Vakiovastuskaapeli .....	51
13.2	Itsesäätyvä kaapeli .....	52
13.3	Saattolämmitysjärjestelmän kunnossapito .....	52
14	VARMENNETUT SÄHKÖNSYÖTTÖJÄRJESTELMÄT .....	53
14.1	UPS-järjestelmä .....	53
14.2	110 VDC - apujärjestelmä .....	54
14.3	Akustot .....	55
14.4	Varmennettujen sähkönsyöttöjärjestelmien kunnossapito .....	56
15	KÄYTTÖ- JA KUNNOSSAPITOSUUNNITELMASTA .....	58
16	POHDINTA .....	59
	LÄHTEET .....	60

## ALKUSANAT

Haluaisin kiittää FQM Kevitsan kaivosta, erityisesti ohjaajia Petri Koivulaa ja Pertti Mikkolaa tästä hienosta mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö sähkökunnossapidon osastolle kesätöiden ohella. Suuret kiitokset ansaitsevat työkaverit, jotka jaksoivat vastailla kysymyksiin koko projektin ajan.

Kiitoksensa on myös ansainnut opinnäytetyön ohjaaja Jaakko Etto, Lapin Ammattikorkeakoulusta, joka kärsivällisesti ja joustavasti antoi ohjeistusta kesän ja projektin toteutuksen aikana.

Työhön ja sen onnistumiseen ovat myös kiitoksensa ansainneet kotiväki, jotka ovat olleet suunnaton apu ja tuki koko opinnäytetyön projektin ja koulutuksen ajan.

Sodankylässä 6.8.2015

Eeva Huuhtanen

## KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

CEN	Eurooppalainen standardisoimisjärjestö
CENELEC	European Committee For Electrotechnical Standardization; eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö
ETSI	Eurooppalainen telealan standardisoimisjärjestö
EY	Euroopan yhteisö
FQM	First Quantum of Minerals
FELV	Functional Extra Low Voltage; toiminnallinen pienoisjännite
GPO	pistorasiakeskus
IGBT	Insulated Gate Bipolar Transistor
IEC	International Electrotechnical Commission; kansainvälinen sähköalan standardisoimisjärjestö
PELV	Protective Extra Low Voltage; suojaava pienoisjännite
PGE	Platinum Group Element Mineral
SELV	Safety Extra Low Voltage; turvallinen pienoisjännite
SFS	Suomessa vahvistettu standardi
SFS-EN	Suomessa ja Euroopassa vahvistettu standardi
STUL	Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto
UPS	Uninterruptable Power Systems; keskeytymättömän tehon järjestelmä
VFI	Voltage and Frequency Independent

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on käyttö- ja kunnossapitosuunnitelma alle 1000 V järjestelmille. Aihe oli valintana mielestäni onnistunut ja juuri niin haastava kuin osasin odottaa. Opinnäytetyön toimeksiantaja on FQM Kevitsa Mining Oy. Toimeksiantajan toimiala on kaivannaisteollisuus, kaivos sijaitsee Sodankylässä.

Opinnäytteen rajauksena on 1000 V jännitetaso ja toimeksiantajan laatima ohjeistus opinnäytetyöhön kuuluvista sähköjärjestelmistä. Toimeksiantajan pyynnöstä, opinnäytetyöstä tehdään toimeksiantajan rajoituksen mukainen julkinen versio Lapin Ammattikorkeakoululle ja salainen versio toimeksiantajan käyttöön. Tämä pyyntö toimii opinnäytetyön viitekehyksenä.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada toimeksiantajalle mahdollisimman hyvä, selkeä, luotettava ja viranomaistarkastelua kestävä käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmat alle 1000 V järjestelmille. Opinnäytetyössä on otettu tarkasti esille sähkö- ja konetekniikkaa koskevat lait ja määräykset, jotka vaikuttavat opinnäytetyön kohteena olevien sähköjärjestelmien käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmiin.

Opinnäytetyön toteutustapa on ollut toiminnallinen. Toiminnallista toteutustapaa tukivat sähköasentajan työtehtävät kaivosalueella. Suunnitelmia tullaan käyttämään tarvittaessa, kun tehdään erilaisia kunnossapito- ja huoltotöitä sähköjärjestelmille. Käyttö- ja kunnossapitosuunnitelman merkitys kasvaa, kun tutkitaan sähköjärjestelmien sähkövikoja ja sitä, onko suunnitelmissa otettu kaikki mahdollinen huomioon.



## 2 FQM KEVITSA MINING OY

FQM Kevitsa Mining Oy on kanadalaisen First Quantum Minerals LTD tytäryhtiö. Kaivos sijaitsee noin 40 km pohjoiseen päin Sodankylästä, kuvassa 1 kaivosalue. Kaivoksen tavoitteellinen elinkaaren ikä on noin 30 vuotta. Kaivoksen pääasialliset tuotteet ovat nikkeli-, kupari-, ja PGE rikasteet eli kaivos on monimetallikaivos. (First Quantum of Minerals 2015)

Kaivostoimintaa toteutetaan avolouhoksessa, käsittelyprosessi on perinteinen vaahdotusprosessi. Louhittu malmi murskataan kartiomurskaimella karkeaksi murskaksi. Päämurskan jälkeen louhittu ja murskattu malmi menee seulomon läpi, josta se kuljetetaan, joko välivarastolle tai rikastamoon suoraan jauhinmyllyille. (First Quantum of Minerals 2015)

Kupari- ja nikkelimalmi otetaan talteen ja erotetaan erillisissä vaahdotusprosessissa toisistaan. Rikastusprosessi tuottaa kahdentyyppistä rikastetta; ensimmäinen on nikkeli-kupari-PGE-kulta, josta nikkelin osuus on noin 12 %. Nikkelipitoisuuden odotus on 12 %, jotta tuotetaan noin 10 000 tonnia nikkeliä vuodessa. Toinen rikastustuote on kupari-PGE-kulta, rikastettu tuote on lähes 28 % kuparia. Molempien rikasteiden yhteenlaskettu kuparin tuotanto on noin 17 000 tonnia kuparia vuodessa. (First Quantum of Minerals 2015)



Kuva 1 FQM Kevitsa Mining Oy, kaivosalue (FQM Kevitsa Mining, 2012)

### 3 LAIT JA STANDARDIT

Sähköturvallisuuslain (410/96) mukaan sitovia teknisiä määräyksiä antaa ministeriö. Sähköturvallisuuslakia valvova viranomainen, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) voi antaa ministeriön päätöksiä täydentäviä teknillisiä ja hallinnollisia ohjeita. Keskeisiä sähköturvallisuuslakia täydentäviä hallinnollisia määräyksiä ovat KTMP 516/96 sähköalan töistä sekä KTMP 517/96 sähkölaitteistojen käyttöön otosta ja käytöstä. Molempiin päätöksiin on tehty muutoksia alkuperäisen julkaisuajankohdan jälkeen. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 1)

Keskeisin sähköasennusten turvallisuutta koskeva viranomaismääräys on kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta (1193/1999). Päätös sisältää sähkölaitteistojen olennaiset turvallisuusvaatimukset ja siinä myös kerrotaan, miten vaatimukset voidaan toteuttaa. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 1)

Yksinkertaisin tapa on noudattaa voimassa olevia sähköturvallisuutta koskevia standardeja, mutta standardeista voi myös poiketa, mikäli etukäteen selvittää, että standardeista poikkeava ratkaisu täyttää päätöksen olennaiset turvallisuusvaatimukset. Standardisarjaa SFS 6000 voidaan käyttää myös täyttämään sähkölaitteiden ja -laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta annetun valtioneuvoston asetuksen 1466/2007 vaatimukset. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 1)

Nykyisten koneturvallisuuden standardien lähtökohtana on EU:n konedirektiivi 2006/42/EY, joka harmonisoi EU/ETA alueella ensimmäistä kertaa markkinoille saatettavia tai käyttöön otettavia koneita koskevat säädökset. Konedirektiivin sisältää yleiset koneiden suunnittelussa käytettävät terveys- ja turvallisuusvaatimukset. Näiden yleisten vaatimusten tarkempia teknisiä ratkaisuja kuvataan koneturvallisuuden standardeissa. (SFS koneturvallisuuden standardit 2014, 2)

Konedirektiivi 2006/42/EY on saatettu Suomessa voimaan valtioneuvoston asetuksella koneiden turvallisuudesta 400/2008. Tätä asetusta kutsutaan tavallisesti koneasetukseksi. Nykyistä konedirektiiviä ja koneasetusta on pitänyt soveltaa 29.12.2009 alkaen. (SFS koneturvallisuuden standardit 2014, 2)

### 3.1 Sähköturvallisuuslaki

Rakennusten sähköasennuksia koskevat määräykset perustuvat sähköturvallisuuslakiin (410/96) ja siihen myöhemmin tehtyihin muutoksiin. Lain mukaan sähkölaitteistot ja laitteet eivät saa aiheuttaa vaaraa tai häiritä kohtuuttomasti taikka häiriintyä helposti. (Sähköinfo ry. 2010, 10)

Muita hyvin tärkeitä sähköalan standardeja ovat pienjännitesähköasennuksia koskevat turvallisuusvaatimukset eli SFS 6000 standardisarja, joka perustuu pääasiassa IEC- ja CENELEC-standardeihin. Standardisarja sisältää tekniset turvallisuusvaatimukset alle 1000 V vaihtojännitteisten ja enintään 1500 V tasajännitteisten sähköasennuksien toteuttamiseksi. (Sähköinfo ry. 2010, 18)

Sähköalalla on myös oma SFS 6002-sähköturvallisuusstandardi, joka perustuu EN-standardiin EN50110-1 sekä kansallisiin määräyksiin EN50110-2. Standardia SFS 6000 noudattamalla täytetään KTM:n asetuksen 1194/99 mukaiset olennaiset sähköturvallisuusvaatimukset. Kaikille sähköalan töitä tekeville henkilöille on annettava yleinen sähköturvallisuuskoulutus. Koulutus on uusittava viiden vuoden välein. (Sähköinfo ry. 2010, 18)

### 3.2 Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410

#### 1 §

Sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitämiseksi turvallisena ja sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitallisten vaikutusten estämiseksi sekä sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen aseman turvaamiseksi tässä laissa

säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asetettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta. (Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 1 §)

## 2 §

Tätä lakia sovelletaan laitteisiin ja laitteistoihin, joita käytetään sähköön tuottamisessa, siirrossa, jakelussa tai käytössä ja joiden sähköisistä tai sähkömagneettisista ominaisuuksista voi aiheutua vahingon vaara tai häiriötä. (Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 2 §)

Asetuksella voidaan säätää, että tämän lain säännöksiä sovelletaan kaikkiin hissien turvallisuutta sekä hisseihin verrattavien henkilöiden nosto- ja siirtolaitteiden asentamisen ja käytön turvallisuutta koskeviin vaatimuksiin. (Sähköturvallisuuslaki 14.6.1996/410 2 §)

### 3.3 Sähköalan kunnossapidon vaatimukset

Sähköalan lait ja standardit määrittävät ja ohjaavat myös sähköalan kunnossapitovaatimuksia. KTM:n 517/96 päätöksessä on määritelty sähkölaitteiston käyttöönotosta ja käytöstä, varsinkin tämä 410/96 sähköturvallisuuslakia täydentävä laki, on huomioitavan sähköalan kunnossapitotöissä. Sähköalan kunnossapidossa on toimittava aina lakien ja säädösten puitteissa tai ainakin soveltuvien osien. Sähköalan töissä on käytettävä äärimmäistä harkintaa ja rauhallisuutta, jotta sähkötyöturvallisuus toteutuu.

### 3.4 KTM:n 517/96 päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä

Huolto ja kunnossapito

## 10 §

Sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että sähkölaitteistossa havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti. (KTM:n päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 10 §)

## 11 §

Sähkölaitteiston suoja-, turva- ja vastaavien järjestelmien määrävälein tehtävää huoltoa vaativien laitteiston osia varten on laadittava ennalta huolto- ja kunnossapito-ohjelma. Jos tällaisia huollettavia laitteiston osia on enintään 1 000 voltin nimellisjännitteisen liittymän sähkölaitteistossa vain muutama, voidaan erillinen huolto- ja kunnossapito-ohjelma korvata laitteiden käyttö- ja huolto-ohjeilla. (KTM:n päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 11 §)

## Määräaikaistarkastus

## 12 §

Käytössä olevalle sähkölaitteistolle on tehtävä määräaikaistarkastus seuraavasti:

- 1) luokan 1 sähkölaitteistolle asuinrakennuksia lukuun ottamatta viidentoista vuoden välein
- 2) luokan 2 sähkölaitteistolle verkonhaltijan sähköverkkoa lukuun ottamatta kymmenen vuoden välein
- 3) luokan 3 sähkölaitteistolle ja verkonhaltijan sähköverkolle viiden vuoden välein.

(KTM:n päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 12 §)

## 13 §

Määräaikaistarkastuksissa tulee riittävässä laajuudessa pistokokein tai muulla soveltuvalla tavalla varmistua siitä, että

- 1) sähkölaitteiston käyttö on turvallista ja laitteistolle on tehty huolto- ja kunnossapito-ohjelman mukaiset toimenpiteet,
- 2) sähkölaitteiston käyttöön ja hoitoon tarvittavat välineet, piirustukset, kaaviot ja ohjeet ovat käytettävissä ja
- 3) sähkölaitteiston laajennus- ja muutostöistä on asianmukaiset tarkastuspöytäkirjat.

(KTM:n päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 13 §)

#### 14 §

Määräaikaistarkastuksen voi tehdä valtuutettu laitos. Luokan 1 ja 2 sähkölaitteistoille määräaikaistarkastuksen voi tehdä myös valtuutettu tarkastaja. (KTM:n päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 14 §)

Lisäksi sähköurakoitsija, joka on tehnyt sähköturvallisuuslain 12 §:n mukaisen ilmoituksen sähköturvallisuusviranomaiselle, ja sellainen henkilö, jolla on kyseisen laitteiston sähkötöiden johtamiseen oikeuttava pätevyystodistus, voivat tehdä määräaikaistarkastuksen luokan 1 sähkölaitteistolle. (KTM:n päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 14 §)

#### 15 §

Määräaikaistarkastuksesta on laadittava haltijan käyttöön tarkastuspöytäkirja, jossa on yksilöitävä tarkastusta koskevat tiedot ja havaitut sähköturvallisuuteen liittyvät puutteet. Tarkastuksen tekijän on allekirjoitettava tarkastuspöytäkirja. (KTM:n päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517 15 §)

### 3.5 Jäähdytyskoneiden lainsäädäntö

Valtioneuvoston päätöksen mukaisesti, joka on tehty ympäristöministeriön esittelystä, säädetään 4 päivänä helmikuuta 2000 annetun ympäristönsuojelulain ([86/2000](#)) 22 ja 108 d §:n nojalla, sellaisina kuin ne ovat, 22 § osaksi laissa 681/2008 ja 108 d § viimeksi mainitussa laissa. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

#### 1 §

##### Soveltamisala

Tätä asetusta sovelletaan jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteita, sammutuslaitteistoja, ajoneuvojen ilmastointilaitteita, suurjännitekytkinlaitteita sekä fluorattuihin kasvihuonekaasuihin pohjautuvia liuottimia sisältäviä laitteita asentavaan, kunnossapitävään ja huoltavaan henkilöön ja mainittua toimintaa harjoittavaan toiminnanharjoittajaan, jos laite sisältää tämän asetuksen tarkoitettuja otsonikerrosta heikentäviä aineita tai fluorattuja kasvihuonekaasuja. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Tätä asetusta sovelletaan lisäksi edellä tarkoitettuja aineita käsittelevään ja jätehuoltoa suorittavaan henkilöön ja mainittua toimintaa harjoittavaan toiminnanharjoittajaan. Tässä asetuksessa huollolla tarkoitetaan laitteiden tarkastusta, asennusta, kunnossapitoa ja huoltoa. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Tässä asetuksessa suurjännitekytkinlaitteella tarkoitetaan kytkinlaitteita, kytkinlaitteiden ja niihin liittyvien ohjaus-, mitta-, suoja- ja säätövälineiden yhdistelmiä sekä tällaisten laitteiden ja välineiden ja niihin liittyvien keskinäisliitännöiden, varusteiden, koteloiden ja tukirakenteiden muodostamaa kokonaisuutta, jotka on tarkoitettu sähköenergian tuottamiseen, siirtämiseen, jakelemiseen tai muuntamiseen yli 1 000 voltin nimellisjännitteellä.

(Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Tätä asetusta ei sovelleta suurjännitekytkinlaitealalla nimellisjännitteeltään enintään 1000 voltin laitteista aineita talteen ottaviin henkilöihin. Tätä asetusta ei myöskään sovelleta sellaiseen henkilöön, joka on pätevä suorittamaan aineita sisältävän laitteen kovajuottoa, pehmeäjuottoa, hitsaamista tai vastaavia huolto- ja kunnossapitotöitä 2, 3 tai 4 §:n mukaisesti pätevän henkilön valvonnassa. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

## 2 §

Jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteiden huoltajan pätevyysvaatimukset

Kylmäaineita vähintään kolme kiloa sisältäviä laitteita asentavan ja huoltavan toiminnanharjoittajan päätoimisessa palveluksessa on oltava vastuuhenkilö, jolla on kylmäalalle soveltuva teknikon tai työtekniikon tutkinto taikka erikoisammattitutkinto tai ammattitutkinto sekä vähintään kahden vuoden työkokemus kylmäalalta. Vastuuhenkilöllä on oltava hyvät tiedot kylmäaineiden käsittelystä, kylmäalaan liittyvästä työturvallisuus-, terveys- ja ympäristölainsäädännöstä, jäähdytystekniikasta sekä energiatehokkuuteen ja energiansäästöön liittyvistä tekijöistä. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Vähintään kolme kiloa kylmäainetta sisältäviä laitteita asentavan, kunnossapitävän ja huoltavan sekä kylmäaineita käsittelevän henkilön on suoritettava kyseisten laitteiden asennukseen, kunnossapitoon ja huoltoon soveltuvasta tutkinnosta, jonka perusteista opetushallitus on päättänyt, osat, jotka sisältävät liitteen 3 kohdassa 1 tarkoitetut tiedot ja taidot. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)



Alle kolme kiloa kylmäainetta sisältäviä laitteita asentavan ja huoltavan toiminnanharjoittajan päätoimisessa palveluksessa on oltava vastuuhenkilö, jolla on kotitalouskonealalle tai kiinteiden jäähdytys- tai ilmastointilaitteiden taikka ilmalämpöpumppujen asennukseen ja huoltoon soveltuva koulutus tai tutkinto sekä vähintään vuoden työkokemus toiminnanharjoittajan toimialalta. Vastuuhenkilöllä on oltava hyvät tiedot kylmäalan työturvallisuus-, terveys- ja ympäristölainsäädännöstä, kylmäaineiden käsittelystä sekä kylmätekniikan perusteista. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Alle kolme kiloa kylmäainetta sisältäviä laitteita asentavan, kunnossapitävän ja huoltavan sekä kylmäaineita käsittelevän henkilön on suoritettava kyseisten laitteiden asennukseen, kunnossapitoon ja huoltoon soveltuvasta tutkinnosta, jonka perusteista opetushallitus on päättänyt, osat, jotka sisältävät tiedot ja taidot. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Henkilön, joka tekee vain laitteiden vuototarkastuksia, on suoritettava tiedot ja taidot sisältävä koe. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Koulutuksessa oleva henkilö saa kahden vuoden ajan tehdä tarkastus-, asennus- talteenotto- kunnossapito- ja huoltotoimia pätevän henkilön valvonnassa. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

## 12 §

Jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteiden sekä sammutuslaitteistojen tarkastukset

Liitteessä 1 tai 2 mainittua ainetta nesteinä sisältävän kiinteästi asennetun jäähdytys-, ilmastointi- ja lämpöpumppulaitteen ja -piirin sekä

sammutuslaitteiston haltijan tai omistajan on huolehdittava, että laite tarkastetaan siten, että vähintään kolme kiloa ainetta sisältävät laitteet tarkastetaan vuosittain, vähintään 30 kiloa ainetta sisältävät laitteet kerran kuudessa kuukaudessa ja vähintään 300 kiloa ainetta sisältävät laitteet kerran kolmessa kuukaudessa. Tarkastusväli voidaan pidentää vähintään 30 kiloa ainetta sisältävillä laitteilla kerran vuodessa tehtäväksi ja vähintään 300 kiloa ainetta sisältävillä laitteilla kerran puolessa vuodessa tehtäväksi, jos käytössä on vuodonilmaisujärjestelmä. Vähintään 300 kiloa ainetta sisältävissä laitteissa on oltava vuodonilmaisujärjestelmä. Vuodonilmaisujärjestelmä on tarkastettava kerran vuodessa. Hermeettisesti suljettuja alle kuusi kiloa ainetta sisältäviä laitteita ei tarvitse tarkastaa, jos laitteeseen on merkitty sen olevan hermeettisesti suljettu. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Laitteen haltijan tai omistajan on huolehdittava siitä, että tarkastuksen suorittavalla henkilöllä tai toiminnanharjoittajalla on tämän asetuksen mukainen Turvatekniikan keskuksen myöntämä todistus pätevyydestä. Kiinteästi asennettujen sammutuslaitteistojen tarkastuksella tarkoitetaan tässä sammutuslaitteistojen asennusliikkeiden suorittamia vuototarkastuksia. Laitteen tarkastuksen voi suorittaa laitteen muun huollon yhteydessä. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Laitteen haltijan tai omistajan on pidettävä huolto- ja tarkastuspäiväkirjaa, josta käy ilmi laitteen sisältämän aineen määrä ja tyyppi, lisätyn aineen määrä, talteen otetun aineen määrä, viimeisin huoltopäivämäärä, tehty toimenpide, tarkastuksen suorittaneen toiminnanharjoittajan nimi ja huoltajan allekirjoitus. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

Huolto- ja tarkastuspäiväkirja on pyydettäessä näytettävä valvontaviranomaiselle. Laitteen yhteydessä tulee olla ilmoitus siitä, milloin laite on viimeksi tarkastettu. (Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä

aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452)

### 3.6 Konedirektiivi 2006/42/EY

Koneiden turvallisuutta koskevat määräykset perustuvat konedirektiiviin. Konedirektiivi vaatii, että jokainen kone on CE-merkitty ja täyttää Euroopan talousalueen asettamat vaatimukset. Jokaisen koneen mukana on oltava vaatimustenmukaisuusvakuutus. Jos todistusta ei ole on se henkilö vastuussa koneesta tai laitteistosta joka sen on saattanut Euroopan talousalueelle. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2010, 204)

Koneiden sähkölaitteistoja koskevat useat standardit, mutta tärkein on SFS-EN 60204-1 standardi. Standardissa on määritelty rakenteet ja käyttöönottovaiheeseen kuuluvat todentamiset. Konetoimituksesta kokonaisvastuussa oleva henkilö vastaa, valmistaja voi antaa vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. Vaatimustenmukaisuusvakuutus voidaan antaa vain valmiille koneelle. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2010, 205)

Koneturvallisuuteen liittyy myös koneiden erotukset verkosta, käynnistäminen, odottamattoman käynnistymisen esto, sähkölaitteistojen erotuslaitteet ja hätäpysäytys toiminnot. Tästä voidaan huomata, että käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmissa ja töissä on huomioitava, myös koneturvallisuus eikä pelkästään sähköalan turvallisuusvaatimuksia. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2010, 206)

### 1 §

#### Asetuksen tarkoitus

Tällä asetuksella pannaan täytäntöön koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta annettu Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008)

Asetuksessa säädetään koneiden suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvistä olennaisista terveys- ja turvallisuusvaatimuksista sekä niiden vaatimuksenmukaisuuden osoittamisesta, markkinoille saattamisesta ja käyttöön otosta. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 1§)

## 2 §

Asetuksen soveltamisala

Asetusta sovelletaan seuraaviin teknisiin laitteisiin:

- 1) koneisiin
  - 2) vaihdettaviin laitteisiin
  - 3) turvakomponentteihin
  - 4) nostoapuvälineisiin
  - 5) nostoketjuihin, -köysiin ja -vöihin
  - 6) nivelakseleihin
  - 7) osittain valmiisiin koneisiin.
- (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 2§)

## 4 §

Määritelmät

Tässä asetuksessa koneella tarkoitetaan 2 §:n 1 – 6 kohtien mukaisia teknisiä laitteita.

Seuraavia määritelmiä sovelletaan:

- 1) koneella tarkoitetaan:
  - a) toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa on tai joka on tarkoitettu varustettavaksi muulla kuin välittömällä ihmis- tai eläinvoimalla

toimivalla voimansiirtojärjestelmällä ja jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu erityistä toimintoa varten;

b) a alakohdassa tarkoitettua yhdistelmää, josta puuttuvat ainoastaan komponentit, joilla se liitetään paikan päällä tai kytketään voiman- tai käyntilähteisiin;

c) a tai b alakohdassa tarkoitettua yhdistelmää, joka on valmis asennettavaksi ja joka voi toimia vasta kun se on kiinnitetty liikennevälineeseen tai asennettu rakennukseen tai rakennelmaan;

d) a, b tai c alakohdassa tarkoitettujen koneiden tai 7 kohdassa tarkoitettujen osittain valmiiden koneiden yhdistelmiä, jotka on tiettyjä toimintoja varten järjestetty ja ohjattu toimimaan yhtenä kokonaisuutena;

e) toisiinsa liitettyjen osien tai komponenttien yhdistelmää, jossa ainakin yksi osa tai komponentti on liikkuva ja joka on kokoonpantu kuormien nostamista varten ja jonka ainoana voimanlähteenä on välitön ihmisvoima; (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 4§)

2) vaihdettavalla laitteella tarkoitetaan laitetta, jonka jo käyttöön otetun koneen tai traktorin käyttäjä itse kiinnittää kyseiseen koneeseen tai traktoriin sen toiminnan muuttamiseksi tai uuden toiminnon aikaansaamiseksi. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 4§)

3) turvakomponentilla tarkoitetaan komponenttia:

a) joka toimii turvatoiminnon toteuttamiseksi;

b) joka on saatettu markkinoille itsenäisesti;

c) jonka vikaantuminen tai toimintahäiriö vaarantaa henkilöiden turvallisuuden;

d) joka ei ole välttämätön koneen toimimisen kannalta tai joka voidaan korvata tavanomaisilla komponenteilla koneen toimimiseksi. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 4§)

4) nostoapuvälineellä tarkoitetaan komponenttia tai laitetta, jota ei ole kiinnitetty nostolaitteeseen ja jonka avulla kuormaan voidaan tarttua ja joka on sijoitettu koneen ja kuorman väliin tai kiinnitetty itse kuormaan tai joka on tarkoitettu kuorman kiinteäksi osaksi ja joka on saatettu markkinoille erillisesti; raksien ja

niiden komponenttien katsotaan myös olevan nostoapuvälineitä; (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 4§)

5) nostoketjuilla, -köysillä ja -vöillä tarkoitetaan nostamiseen osana nostolaitetta tai nostoapuvälinettä suunniteltuja ja rakennettuja ketjuja, köysiä ja vöitä; (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 4§)

6) nivelakselilla tarkoitetaan irrotettavaa komponenttia, joka on tarkoitettu voiman siirtämiseen omalla käyttövoimalla liikkuvan koneen tai traktorin ja toisen koneen välillä yhdistämällä ne ensimmäisen kiinteään laakerin kohdalta. Jos se saatetaan markkinoille suojuksineen, se on katsottava yhdeksi tuotteeksi. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 4§)

11) käyttönotolla tarkoitetaan tämän asetuksen soveltamisalaan kuuluvan koneen käyttötarkoituksensa mukaista ensimmäistä käyttöä yhteisössä (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 4§)

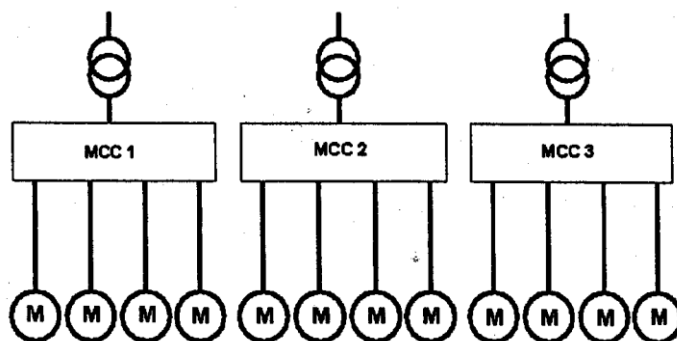
12) yhdenmukaistetulla standardilla tarkoitetaan teknistä eritelmiä, jonka eurooppalainen standardisoimisjärjestö (CEN), eurooppalainen sähköalan standardisoimisjärjestö (CENELEC) tai eurooppalainen telealan standardisoimisjärjestö (ETSI) on vahvistanut ja joka on hyväksytty komission antamalla valtuutuksella teknisiä standardeja ja määräyksiä ja tietoyhteiskunnan palveluja koskevia määräyksiä koskevien tietojen toimittamisessa noudatettavasta menettelystä annetussa Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 98/34/EY säädetyn menettelyn mukaisesti ja joka ei ole sitova. (Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008 4§)

#### 4 SÄHKÖNJAKELU KEVITSASSA

Kaivoksen sähkönjakelu on toteutettu niin, että kaivokselle tulee Vajukosken vesivoimalaitokselta oma 110 kV sähkövoimalinja. Kaivoksella on kaksi päämuuntajaa, joista toinen syöttää avolouhokselle ja toinen rikastamoalueelle sähköä. Tällä järjestelmällä pyritään samaan tasainen kuormitus molemmille päämuuntajille. Loistehon kompensointi on toteutettu keskitetyillä kompensointikondensaattoriparistoilla keskijännitepuolella.

Kaivosalueella on niin sanottu keskitetty jakeluverkko tehdasalueella. Avolouhokselle on omat siirrettävät muuntamokontit, joilla sähkönjakelu kaivoskoneille toteutetaan.

Keskitetyssä jakelussa sähköpääkeskuksien läheisyydessä on muuntajat, jotka muuttavat jännitetason 690 V:iin tai 400 V:iin. Kaikki sähkölähdöt, kuten esimerkiksi moottori-, valaistus- ja saattolämmityskeskukset on keskitetty pääkeskuksiin, tämä vaatii keskuksen komponenteilta erittäin suurta oikosulkukestoisuutta. Keskitetyn jakelun suurin etu on se, että kojeistot sijaitsevat yhdessä sähkötilassa, keskitetyn jakelun rakenne on helppo toteuttaa rakennusvaiheessa. Pääasiallisena haittana voidaan mainita suuret oikosulkuvirrat ja häiriöiden muodostuminen. Kuviossa 1 nähdään keskitetyn jakelun peruseriaate. (Hietalahti, Teollisuuden sähkökäytöt 2013, 12; SFS 16-käsikirja 2003, 14 )



Kuvio 1 Keskitetty jakelu (SFS 16-käsikirja 2003, 14)

## 5 KUNNOSSAPITO JA KÄYNNISSÄPITO

Kunnossapito ja käynnissäpito ovat termejä, jotka käytännössä tukevat toinen toisiaan sähkökunnossapidon töissä. Yleisesti kunnossapidolliset tehtävät edes auttavat käynnissäpidon vaatimuksia. Kunnossapidolla pyritään ylläpitämään tuotannon korkeaa käyttö- ja laatuastetta.

Viime vuosina kunnossapidon merkitys on noussut perusteellisuudessa ja raskaassa teollisuudessa. Kunnossapidontehtävät vaativat saumatonta yhteistyötä käynnissäpidon tehtävien kanssa.

Tässä luvussa esitetään, miksi kunnossapitosuunnitelmia tarvitaan. Mitä ovat kunnossapidon päälaajat kaivoksessa ja kuinka nämä edes auttavat käynnissäpidon tehtäviä. Kuviossa 2 on havainnekuva kunnossapidon johtamisen strategioista ja osa-alueista .



Kuvio 2 Kunnossapidon johtamisen strategia ja osa-alueet. ( Kaivos- ja louhintatekniikka 2015, 370)



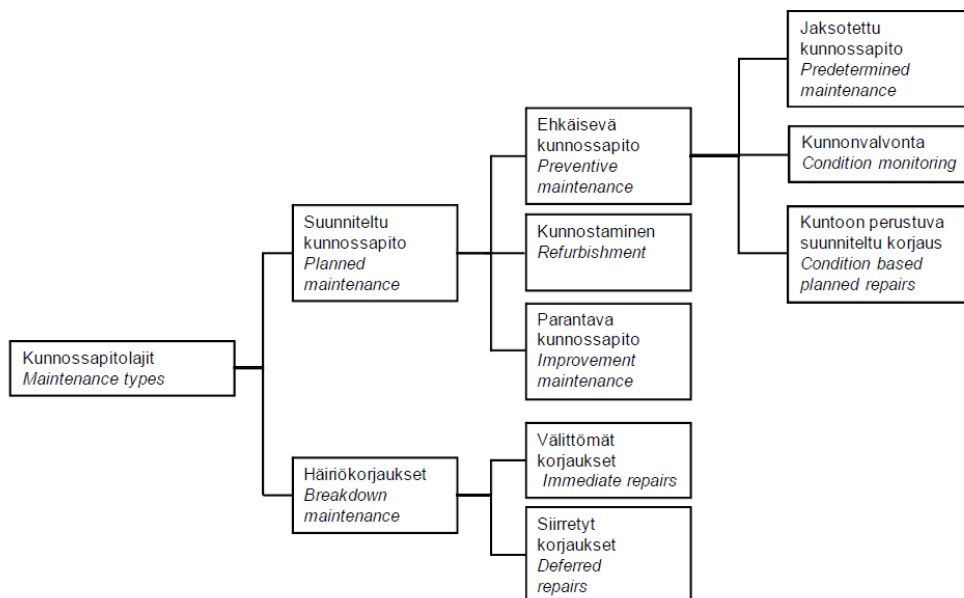
## 5.1 Kunnossapidon tehtävät

Kunnossapidon tehtävät ovat hyvin laajat kaivoksilla. Kaivosprojekteissa voidaan määritellä, millainen kunnossapito organisaatio halutaan luoda ja kuinka se toteuttaa tehtävänsä kunnossapitostrategian mukaan.

Kunnossapidolla on kuitenkin muitakin tehtäviä kuin kunnossapitostrategian seuraaminen. Kunnossapito huolehtii mahdollisista vikatilanteiden korjauksista, ennakkohuolloista, laitteiden ylläpidosta ja toiminnasta.

Nimenomaan sähköalan kunnossapidossa pyritään ennen kaikkea eliminoimaan mahdolliset kulumiset ja ennakoimaan mahdolliset häiriötilanteet. Sähkökunnossapito on kuitenkin kunnossapidonlaji, joka kehittyy koko ajan uusien vikojen ja järjestelmien mukana.

Kuviossa 3 on nostettu esille kunnossapidon lajit, jotka ovat peruskäsitteitä. Peruskäsitteiden ymmärtäminen korostuu perusteollisuudessa ja raskaassa teollisuudessa, koska kunnossapito kehittyy ja muokkautuu muuttuvien olosuhteiden vaikutuksesta.



Kuvio 3 Kunnossapidon lajit ( PSK7501, 32)

## 5.2 Kunnossapidon päälaajat kaivoksella

Perinteinen kunnossapidon jaottelu on esitetty standardissa SFS-EN 13306 vian havaitsemisen mukaan. Kunnossapito jaetaan ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon. (Paalulahti ym. 2015, 369)

Ehkäisevä kunnossapito jaetaan kuntoon perustuvaan ja jaksotettuun kunnossapitoon. Kuntoon perustuvat toimenpiteet voivat olla jaksotettuja, jatkuvia tai tarvittaessa suoritettavia. Järjestelmällisen kunnonvalvonnan useimmat työt ovat koneen tai laitteen seuraamista. Tämän tavoitteena on vähentää kohteen vikaantuminen ja estää suorituskyvyn heikkeneminen. Jaksotettuun kunnossapitoon kuuluvat toimenpiteet suoritetaan jaksotetusti joko kalenteriajan tai käyttötuntien mukaan. (Paalulahti ym. 2015, 369)

Korjaava kunnossapito jaetaan välittömästi korjattavaan ja siirrettyyn korjaustoimintaan. Kun kone tai laite menee rikki, vikaantunut kone tai laite korjataan heti, kun korjaus on mahdollista. Korjaukseen kuuluvat vian määrittäminen ja tunnistaminen sekä niiden paikallistaminen ja korjaus. Suunniteltujen seisokkien aikana tehdään kiireettömät, eli siirretyt korjaukset. Seisokit voivat olla lyhyitä, 3-7 vuorokauden mittaisia tai pidempiä vuosiseisokkeja. (Paalulahti ym. 2015, 370)

Häiriökorjaukset voidaan luokitella samalla tavalla kuin korjaava kunnossapito. Häiriön tuottamat kunnossapitokorjaukset suoritetaan joko heti häiriöseisokissa tai siirrettynä. Häiriöseisokissa voidaan myös toteuttaa ennakoon suunniteltuja kunnossapitotoita. (Paalulahti ym. 2015, 370)

Suunniteltu kunnossapito on jaettu kolmeen ryhmään, ehkäisevään kunnossapitoon, kunnostavaan kunnossapitoon ja parantavaan kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito jakaantuu jaksotettuun ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Kunnostamisessa koneeseen, moottoriin tai laitteistoon vaihdetaan uusia osia ja tehdään korjauksia, mutta suorituskyky pysyy entisellään. Parantavassa kunnossapidossa toteutetaan vika-analyysin

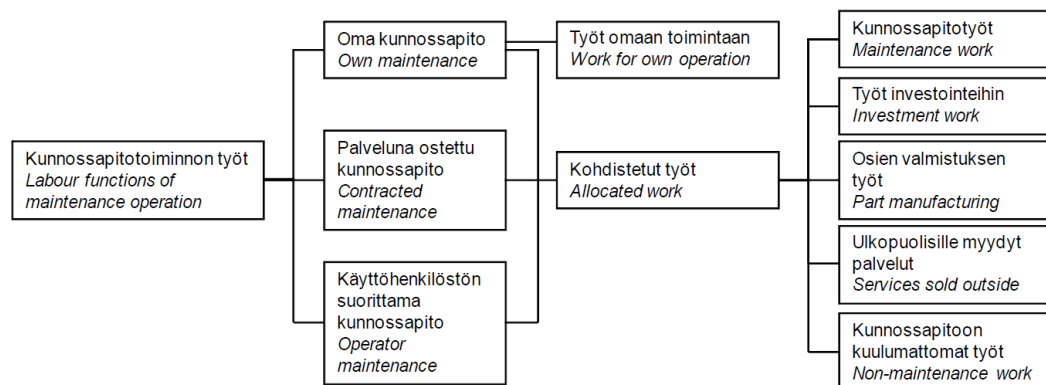
pohjalta koneen tai laitteiston muutokorjaukset, joiden päämääränä on parantaa luotettavuutta. (Paalulahti ym. 2015, 371)

### 5.3 Käynnissäpidon tehtävät

Käynnissäpidon tehtäviä ovat prosessinhallinta ja seuranta. Käyttöhenkilöstö raportoi säännöllisesti eteenpäin prosessin toiminnasta ja niitä haittaavista vioista kunnossapidolle. Raporteissa on tuotava esille ongelmien syyt ja seuraukset. Käynnissäpidon henkilöstö voi säätää tarvittaessa ohjattavaa prosessia, jotta prosessi toimisi paremmin ja saumattomammin. Käynnissäpidon henkilöstöä on tärkeä kouluttaa, jotta henkilöstön taidot ja tiedot kehittyvät samassa suhteessa kuin käynnissä pidettävä prosessi kehittyi.

### 5.4 Käytön ja kunnossapidon yhteistyö

Käytön ja kunnossapidon yhteistyö on oltava saumatonta, jotta ne tukevat toinen toisiaan. Näiden kahden tekijän yhteistyöllä käytössä olevat prosessit kehittyvät ja parantuvat. Ilman yhteistyötä ja kommunikointia ei voida saavuttaa tavoitteellista tulosta. Kuviossa 4 on havainnollistettu kunnossapitoresurssit, jossa huomataan käyttöhenkilöstön ja kunnossapidon yhteistyön merkitys.



Kuvio 4 Kunnossapidon resurssit (PSK7501, 31)

## 6 KUNNOSSAPITOTARKASTUKSET

Kunnossapitotarkastukset ovat osa sähkölaitteiston huoltoa ja kunnossapitoa. Tarkastuksien avulla voidaan saada selville laitteiston turvallisuutta heikentävät puutteet käytössä olevassa sähkölaitteistossa. KTM:n päätöksen 517/1996 mukaan sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että laitteiston kuntoa ja turvallisuutta tarkkaillaan ja että havaitut puutteet ja viat poistetaan mahdollisimman nopeasti. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 341)

Kunnossapitotarkastukselle ei ole lakisääteisiä velvoitteita, eikä tarkastusta tule sekoittaa tietyille sähkölaitteistoille edellytettyihin määräaikaistarkastuksiin. Kunnossapitotarkastus on vapaaehtoinen tarkastus, joka voi olla perusteltua muun muassa teollisuusympäristöissä. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 341)

Kunnossapitotarkastuksia voidaan tehdä kaikenlaisille sähkölaitteistoille kaikenlaisissa rakennuksissa. Kunnossapitotarkastuksen tekijän tulee olla sähköalan ammattihenkilö ja hänen täytyy pystyä arvioimaan sähköturvallisuuteen vaikuttavia puutteita eri ikäisissä sähkölaitteistoissa. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 341)

Kunnossapitotarkastuksella ja tarkastuksen sisällöllä varmistetaan, ettei sähkölaitteisto aiheuta sähköiskun tai palon vaaraa ja että sähköasennuksen käyttö on turvallista. Ennen kunnossapitotarkastusta tai sen aikana on hyvä ottaa huomioon seuraavat kysymykset:

- Milloin sähköasennukset on tehty?
- Onko asennuksiin tehty muutoksia?
- Onko tehty sellaisia rakennustöitä, joilla voi olla vaikutusta sähkölaitteistoihin?
- Onko sähkölaitteiston käytössä havaittu ongelmia, esimerkiksi ovatko sulakkeet palaneet tai vikavirtasuojat toimineet usein?
- Onko laitteisto tai keskuslähtö käytössä?

(Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 341)

Kunnossapitotarkastuksia voidaan kohdistaa muun muassa seuraaviin sähkölaitteiston osiin:

- liittymän ja pääkeskusten tarkastus
- maadoitukset ja potentiaalintasaukset
- ryhmäkeskukset
- ryhmäjohdot ja sähkölaitteet
- taajuusmuuttajat
- pistorasiakeskukset
- jäähdytys- ja ilmastointikoneet
- varmennetut sähkönsyöttöjärjestelmät.

(Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 341)

Kunnossapitotarkastuksesta laaditaan dokumentti, jonka perusteella laitteiston haltija voi korjauttaa havaitut puutteet. Dokumenttiin tulee merkitä myös poistetut laitteistot, jotta kunnossapitotarkastusdokumentti voidaan päivittää ajan tasalle. Kunnossapitotarkastusdokumentti voi olla taulukkomuotoinen päiväkirja, jossa on eritelty tarkastukseen liittyvät kohdat. Tärkeintä on, että päätöksen 517/1996 vaatimukset täytyvät. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 341)

Kunnossapitotarkastuksia voidaan tehdä ST-kortiston ohjeistuksien tai PSK-standardin tai SFS-standardien avulla. Riippuen siitä mitä ohjeistusta tai standardia laitteiston haltija soveltaa.

## 7 KESKUKSIEN ETUKOJEET

Suojareleistuksen ja katkaisijoiden tehtävänä on suojata sähkön kulutuskojeita. Suojareleistys tai katkaisija toimii sulakkeettoman tai sulakkeellisen järjestelmän rinnalla. Tämän tyyppisiä kulutuskojeita ovat mm. valaistus, pistorasiakeskukset, taajuusmuuttajat ja sähkömoottorit eli käytännössä jokainen laite, joka toimii sähköllä. Samoja etukojeita voidaan käyttää niin moottorikennossa kuin valaistuksen suojauksessa, tästä voidaan päätellä, että toimintajännite voi olla 230 V, 400 V tai 690 V. Luvussa on käsitelty yleisimmät etukojeet, joita tulee vastaan erilaisissa alle 1000 V sähköjärjestelmissä.

### 7.1 Katkaisijat

#### 7.1.1 Kompakti- ja ilmakatkaisijat

Kompakti- ja ilmakatkaisijat koskevat samat standardit:

- Kytkinlaitteiden yleiset ominaisuudet on määritelty standardissa SFS-EN 60947-1.
- Standardi SFS-EN 60947-2 käsittelee katkaisijoita alle 1000 V ac:n tai 1500 V dc:n sovelluksissa.

(Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 257)

Ilma- ja kompaktikatkaisijoille ei ilmoiteta vastaavia laukaisukäyriä kuin johdonsuojakatkaisijoille. Termiselle ylikuormitussuojaukselle asetetaan standardissa seuraavat rajavirrat:

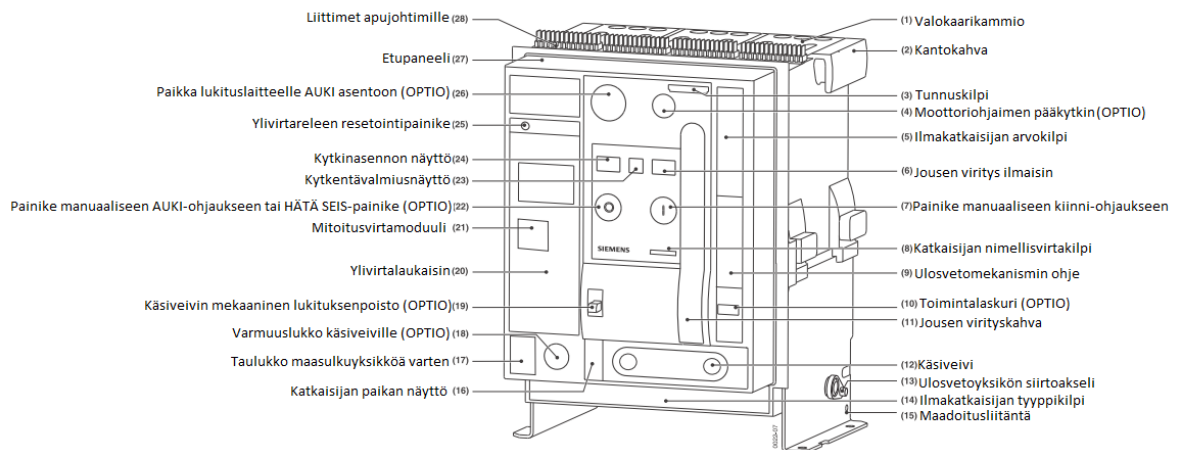
- Kestorajavirta =  $1,05 \times \text{aseteltu}$  (min. 2 h,  $\leq 63 \text{ A min. 1 h}$ )
- Laukaisurajavirta =  $1,30 \times \text{aseteltu}$  (maks. 2 h,  $\leq 63 \text{ A maks. 1 h}$ )

(Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 257)

Kompaktikatkaisija on katkaisija, jonka kotelo on valettu ja eristeaineinen muodostaen kiinteän osan katkaisijan rakennetta. Yleisesti ottaen

kompaktikatkaisijassa pääkoskettimia käytetään suoraan käyttövivun avulla mekaanisesti. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 257)

Ilmakatkaisija on katkaisija, jossa pääkoskettimet ovat vapaassa normaalililmanpaineen tilassa. Yleisesti ottaen ilmakatkaisijat ovat metallirunkoisia ja kiinni-auki toiminnot suoritetaan jousivoimalla. Laukaisujouset voidaan virittää joko käsin tai moottorilla. Avaaminen ja sulkeminen painonapeilla katkaisijan etulevystä tai kiinnikytkenä – työvirta / alijännitekeloilla kauko-ohjauksella. Kuviossa 5 on esitelty ilmakatkaisijan rakenne. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 257)



Kuvio 5 Siemens WL ilmakatkaisijan rakenne (Siemens Sentron WL manuaali, 8)

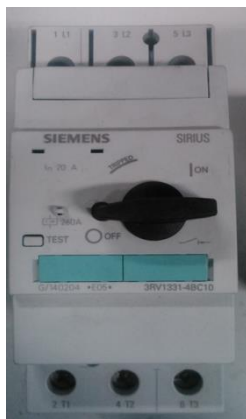
Kompaktikatkaisijaa käytetään mm. kaapelin tai kiskoston suojana, pääkytkimenä pienemmissä keskuksissa, erilaisten laitteiden (esim. moottorit, muuntajat) suojauksessa. Ilmakatkaisijan käyttökohteita ovat kaapelien ja kiskostojen ja keskusten suojaus (pääkytkimenä) ja isojen moottorien suojaus ja kytkentä. (ST53.45. 2004, 6)

### 7.1.2 Moottorinsuojakytkin

Pieniä alle 100 A:n moottorinsuojakatkaisijoita sanotaan moottorinsuojakytkimiksi. Ne ovat 3-napaisia termomagneettisella releellä

varustettuja katkaisijoita. Ylikuormitussuoja on säädettävä ja magneettinen pikalaukaisu on kiinteä. Niissä on lisäksi lämpötilakompensointi sekä vaihevahti. (Ahoranta 2005, 119; Mäkinen ym. 2009, 95)

Katkaisukyky moottorinsuojakytkimellä on tyypillisesti, 50 kA / 400 V. Yli 100 A:n virroilla voidaan käyttää, joko tavanomaisella releellä tai moottorinsuojaukseen erityisesti suunnitellulla releellä varustettuja kompaktikatkaisijoita. Niissä on tavanomaisen ylikuormitus- ja oikosulkusuojauksen lisäksi valittavissa mm. ylikuormitusreleen laukaisuluokka, roottorin jumisuoja ja vaiheen valvonta. Kuvassa 2 on Siemens Sirius-mallin moottorinsuojakytkin. (Ahoranta 2005, 119; Mäkinen ym. 2009, 95)



Kuva 2 Siemens Sirius moottorinsuojakytkin

Erikoisuutena on moottorin kytkentävirtapiikin huomioiva oikosulkusuojaus eli moottorin kytkentävirtasysäyksen (10 ms) ajan releen laukaisurajavirta on hetkellisesti  $13 \times I_n$ . Tämän ansiosta oikosulkusuoja voidaan asettaa juuri käynnistysvirran yläpuolelle ( $7-8 \times I_n$ ). Tämä parantaa oikosulkusuojausta erityisesti pidemmillä kaapelietäisyyksillä. Käytettäessä moottorinsuojaukseen tarkoitettua suojarelettä ei kontaktoriin tarvitse liittää lämpörelettä, jolloin säästetään asennustilaa ja kustannuksia. (Ahoranta 2005, 119; Mäkinen ym. 2009, 95)



### 7.1.3 Käyttökytkin

Käyttökytkimelle ei aseteta vastaavia erotusvaatimuksia kuin erotuskytkimelle. Käyttökytkin on tarkoitettu usein toistuvaan sähkölaitteen päälle- ja poiskytkentään, joten sen kestävyydelle kytkentäkertojen suhteen on standardeissa esitetty suuremmat vaatimukset kuin muille kytkinlaitteille. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 258)

### 7.1.4 Kuormakytkin ja kytkinvaroke

Kuormakytkimiä käytetään erilaisiin teollisiin kohteisiin, kuten moottorinohjauksiin, kojeistoihin ja koneasennuksiin. Kuormakytkimessä on tyypillisesti ohjaajasta riippumaton koskettimien liikenopeus ja kaksi koskettimien avausväliä. Kuormakytkimiä käytetään käsiohjattuna, turvakytkiminä kentällä, mutta myös sähkökeskuksissa lähtöjen pääkytkimenä. Kuormakytkimiä valmistetaan 16–3150 A nimellisvirroille ja 400 -1000 V nimellisjännitteelle. (Ahoranta 2005, 90; Hietalahti 2013, 161; Mäkinen ym. 2009, 106)

Kytkinvaroke on kytkimen, apukoskettimien, varokealustan ja sulakkeiden muodostama kokonaisuus, joita käytetään yleensä sähkökeskuksissa. Kytkinvarokkeita käytetään moottorikäynnistimien oikosulkusuojauksessa ja alakeskuslähtöjen kojeena. Kytkinvarokkeet voivat olla kosketussuojattuja tai kosketussuojaamattomia, toiminta-alue on 16-1250 A ja sovellettavissa kaikille kahvasulakekokosarjoille. (Mäkinen ym. 2009, 106)

## 7.2 Suojareleet

Yleisempiä suojareleitä ovat lämpöreleet, vikavirtasuojat sekä elektroniset suojareleet. Suojareleillä luodaan oikosulku-, lämpötila- ja vikavirtasuojaukset sähkökeskuksien ja sähköjärjestelmien komponenteille. Suojareleet mittaavat sähköisiä suureita, kuten virtaa, jännitettä ja tehoa. Mikäli suojarele havaitsee mittauksessa muutoksia, se pyrkii rajoittamaan mahdollisen vian

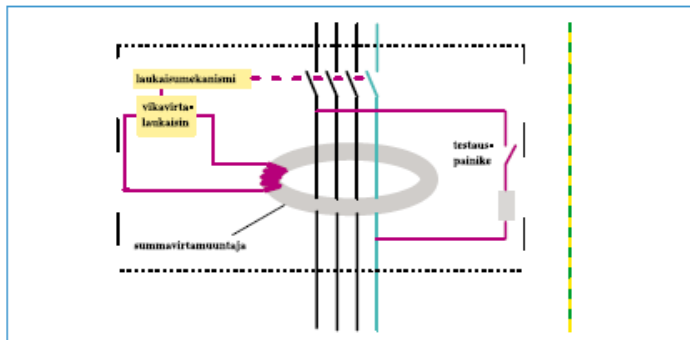
vaikutusalueen. Toisin sanoen suoja-alue on verkon tarkkailija, joka reagoi vain tarvittaessa verkon muutoksiin.

### 7.2.1 Vikavirtasuojakytkin

Vikavirtasuojalla tarkoitetaan automaattisesti toimivaa suojalaitetta, jonka toiminta perustuu muuhun vikavirtaan kuin äärijohtimen ylivirtaan. Vikavirtasuoja voi toimia esim. äärijohtimien ja nollajohtimen summavirran vaikutuksesta tai suojajohtimen virran vaikutuksesta. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 244)

Toimintaperiaate: Summavirtamuuntaja mittaa vaihe- ja nollajohtimien virran summaa (ts. virtapiirin harhavirtojen summaa). Mikäli summavirta ylittää vikavirtasuojakytkimen toiminta-arvon, kytkin avaa virtapiirin hyvin nopeasti. Samaan kytkinlaitteeseen vikavirtasuojan kanssa voidaan yhdistää ylivirtasuojalaite tai ylijännitesuoja. Vikavirtasuojan toiminta voi olla joko verkkojännitteestä riippumaton tai siitä riippuvaista. Yleensä vikavirtasuoja ei tarvitse apujännitettä toimiakseen, vaan laukaisu tapahtuu jousivoimalla. Laukaisin muodostuu kestopagneetista, joka on normaalissa tilassa pitoasennossa. Kun summavirtamuuntajan käämiin syntyy vikavirta, magneettivuo ei kulje ankkurin kautta ja jousi avaa kytkimen. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 244)

Kuviossa 6 on havainnollistettu vikavirtasuojakatkaisijan toiminta, vikavirtakatkaisijoita on valaistuskeskuksissa ja pistorasiakeskuksissa. Vikavirtasuojien ominaisuudet on määritelty SFS-EN 61008 standardissa. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 244)



Kuvio 6 Vikavirtasuojan toimintaperiaate (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 244)

### 7.2.2 Lämpörele

Sähkömoottori varustetaan tavallisesti erillisellä ylikuormitussuojalla, joka suojaa moottoria syöttävän johdon lisäksi itse moottoria ylikuormittumiselta. Erillisenä ylikuormitussuojana käytetään kontaktorin yhteydessä olevaa lämpörelettä. Rele katkaisee kontaktorin ohjausvirran siihen asetetun ylikuormitusvirran mukaan. Sulakkeettomassa moottorilähdössä ei käytetä lämpöreleitä. (Mäkinen ym. 2009. 95)

### 7.2.3 Elektroniset moottorisuojareleet

Elektronisissa moottorisuojareleissä tietoa käsitellään numeerisessa muodossa. Analoginen mittaustieto muutetaan A/D-muuntimella digitaaliseen muotoon. Varsinainen mittaus- ja suojaustoimintojen toteutus on tehty mikroprosessorilla. Elektronisilla moottorisuojareleillä on monipuoliset asettelu mahdollisuudet ja asetteluarvot on digitaalisesti luettavissa, siirrettävissä ja aseteltavissa. Suojareleet tallentavat vikatiedot omaan sisäänrakennettuun muistiin, näin toteutetaan releen itse valvonta. Releen itse valvonta estää releen lähtöjen toiminnan, jos ne ovat vialliset. (Hietalahti 2013, 172)

## 7.3 Sulakkeet ja kontaktorit

Kontaktorit, johdonsuojakatkaisijat, ja sulakkeet ovat yleisiä etu- ja suojakojeita sähköjärjestelmissä. Kontaktorit ovat osa moottorien päävirtapiirin ohjausta.

Sulakkeet ja johdonsuojakatkaisijat toimivat sähköjärjestelmissä ylivirta- ja oikosulkusuojauksena.

### 7.3.1 Kontaktori

Teollisuudessa moottorilähtöjen osana on yleisemmin kontaktori. Kontaktorin tehtävänä on ohjata vetokelalla kuormapiiriä. Kontaktori on sähkömekaaninen kytkin ja toiminnallisesti se on samanlainen kuin rele. Kontaktori on kuitenkin tarkoitettu kytkinlaitteeksi sähkölaitteen päävirtapiiriin, rele toimii ohjausvirtapiirissä. Kontaktorin valinta perustuu sen kykyyn ohjata kuormalaitetta päälle ja pois lukuisia kertoja. Kontaktorin mitoituksessa on äärimmäisen tärkeää huomioida käyttöluokka, moottorin ja kontaktorin on vastattava samaa käyttöluokkaa. (Hietalahti 2013, 172–173)

### 7.3.2 Johdonsuojakatkaisija

Johdonsuojakatkaisijoiden käyttö ylikuormitussuojana on lisääntynyt voimakkaasti viime vuosina. Johdonsuojakatkaisijoita käytettäessä tulee ottaa huomioon muutamia eroavaisuuksia sulakkeisiin verrattuna. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 257)

Johdonsuojakatkaisijan tehohäviöt ovat suuremmat kuin vastaavankokoisen sulakkeen. Johdonsuojakatkaisija ovat myös herkempiä laukeamaan pienemmästä ylikuormasta kuin perinteiset sulakkeet. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 257)

Johdonsuojakatkaisijat ovat lisäksi rakenteeltaan kompakteja, jolloin ne voidaan asentaa pienempään tilaan. Tämän takia ryhmäkeskuksen lämpötila voi olla huomattavasti suurempi kuin vastaavan sulakekeskuksen, mikäli keskukseen kuuluu useita suuresti kuormitettuja ryhmiä. Lämpötila vaikuttaa myös johdonsuojakatkaisijoiden toiminta-arvoihin ja johtojen kuormitettavuuteen. (Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012, 257)

Johdonsuojakatkaisijan sisällä on kaksi erityyppistä ja erilaista suojakomponenttia, terminen laukaisu ja magneettilaukaisu. Terminen laukaisu perustuu lämpötilaan ja on ylikuormitussuojana. Sen rakenteessa on bi-metalli, jonka ympärille on kierretty virtajohdin. Piirin kuormitusvirta lämmittää virtajohdinta, jolloin bi-metalli taipuu ja laukaisee mekaanisen koskettimen, joka katkaisee virran syötön. Magneettinen laukaisu on oikosulkusuojana. Se rakentuu releestä, kun piirissä on liian suuri virta, rele vetää ja katkaisee virran syötön. (Mäkinen ym. 2009,92)

### 7.3.3 Sulakkeet

Sulakkeiden tehtävänä on toimia oikosulkusuojauksena ja ylikuormitussuojana sähköjärjestelmissä. Sulakkeiden virranrajoitusominaisuuksien tehtävänä on rajoittaa oikosulkuvirtaa ja oikosulkuvirran kasvua vikatilanteessa. Esimerkiksi moottorilähdöissä sulake toimii oikosulkusuojana. Sähköjärjestelmissä voidaan käyttää erilaisia sulakkeita, sulake määräytyy koneen tai laitteen käynnistysvirran ja uudelleenkäynnistys vaatimuksien mukaan. (Hietalahti 2013, 176–177)

Yleisimmät käytössä olevat sulaketyypit:

- gG-sulake, käytössä yleissulakkeena, tarkoitettu johdon ylikuormitus- ja oikosulkusuojaukseen
- gM-sulake, moottoripiirin suojasulake, katkaisukyky käsittää koko virta-alueen
- aM-sulake, käytössä moottorilähdöissä, katkaisukyky käsittää vain tietyn osa-alueen
- puolijohdesulake, kun vaaditaan nopeakatkaisua.

(Hietalahti 2013, 180)

## 8 SÄHKÖTILOJEN KUNNOSSAPITO

Sähkötilojen kunnossapito on erittäin tärkeää sähkötiloissa sijaitsevien taajuusmuuttajien, moottori-, valaistus-, saattolämmitys- ja muiden sähkökeskusten kannalta. Sähkötilojen säännöllisellä aistinvaraisella tarkastuksella ja sitä tukevalla lämpökuvauksella saadaan ennaltaehkäistyä suuremmat vikatilanteet, joita voi sähkötiloissa ilmaantua huonon ilmanvaihdon, pölyn, asennusvian tai korroosion takia.

Sähkötiloissa voi olla seuraavia alle 1000 V sähkökeskuksia, jotka on huomioitava kunnossapidossa ja käytössä:

- moottorikeskus
- valaistuskeskus
- hätäseispiirikeskus
- taajuusmuuttajat
- jäähdytyskoneet
- saattolämmitys
- vara/korjausvoima keskukset
- ups-keskus
- automaatiojärjestelmän keskukset.

Sähkötilojen kunnonvalvonnan tärkeimmät tavoitteet ja tehtävät ovat:

- sähkökeskusten ja komponenttien kunto
- komponenttien mitoituksen tarkastus
- keskuksen tai kojeiston jännite ja kuormitus
- ennaltaehkäistä sähkövikojen syntyminen
- dokumenttien oikeellisuus, mahdolliset puutteet ja ristiriidat
- kaapelien merkinnät ja liitokset.

(Etto, 1998)

Lämpötilanmittausta käytetään kunnonvalvontamenetelmänä kaikissa edellä mainitussa keskuksissa. Lämpötilanmittaus voidaan toteuttaa esimerkiksi laser lämpötilanmittauksella tai lämpökamerakuvauksella. Molemmilla saadaan luotettavat tulokset, lämpökameralla voidaan tarkastaa mahdolliset lämpövuodot tai yllälämpenemiset kuvan avulla. Laser-lämpötilanmittaus taas mahdollistaa luotettavan tuloksen pitkän matkan päästä turvallisesti.

Lämpökamerakuvausta voidaan käyttää kunnonvalvonnanmenetelmänä seuraavin sähköjärjestelmiin ja komponentteihin:

- sähkökeskukset
- etukojien liitokset
- muuntajat
- moottorit
- kaapelien liitokset.

(Etto, 1998)

## 9 JÄÄHDYTYSKONEJÄRJESTELMÄT

Kaivosalueella on kaikissa sähkötiloissa vähintään yksi oma jäähdytyskone eli kyseessä on koneellinen ilmanvaihto. Jäähdytyskoneen tehtävänä on pitää sähkötilat tarpeeksi viileänä, näin ennaltaehkäistään keskuksien mahdollisia ylikuumenemisiä ja ylikuumuudesta johtuvia komponenttivikoja.

Jäähdytys- ja ilmastointijärjestelmissä on otettava huomioon sähköalan määräykset ja ohjeistukset, konedirektiivi sekä kylmäalaa koskevat ohjeistukset. ST-kortistossa ST53.61. on annettu viitteelliset ohjeistus lämpötilat sähkötiloille ja niiden lämpötiloille. Taulukossa 1 on tuotu nämä tiedot esille.

Taulukko 1 Eri tiloissa sallitut lämpötilat (ST53.61. 2005, 3)

Tila	Maksimi lämpötila	Minimi lämpötila	Käyttö-lämpötila	Huomautuksia	Ylipaine	Suodatus-tarve
Muuntajatilat luokka 0 <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	100 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilat luokka 10K <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	88 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilat luokka 20K <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	77 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Muuntajatilat luokka 30K <sup>1</sup>	huom. 1a	huom. 2	20 °C	63 % jatkuva kuormitus	huom. 3	
Pääkeskustila	40°C	5 °C	15...25 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Kaapelitilat tai vastaavat	40 °C	5 °C	10...30 °C	Kaapelien kuormitus!		huom. 6
Moottorigeneraattoritila	35 °C	5 °C	10...30 °C			huom. 6
Akustotilat	25 °C	15 °C	20 °C	SFS-EN 50272-2		huom. 6
UPS-tilat	30 °C	15 °C	20 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Automaatiotilat yleensä	25 °C	15 °C	20 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Tietokonetilat yleensä	25 °C	18 °C	22 °C	toleranssi yksi aste	huom. 3	huom. 4 tai 5
Invertteri- ja tasavirtakäytöt	25 °C	15 °C	18...22 °C		huom. 3	huom. 4 tai 5
Erillinen kompensointitila	40 °C	5 °C	15...25 °C			huom. 4 tai 5

Lämpötilat positiivisia lukuja.

huom. 1 IEC 61 330 mukainen koteloitilaluokka.

huom. 1a Maksimiarvon määrää muuntajan lämpeneminen .

huom. 2 Mitä alhaisempi sen parempi. Ympäristöllä olevat tilat otettava huomioon.

huom. 3 Tarvittaessa pieni ylipaineistus ympäristöön nähden.

huom. 4 Mekaaninen suodatus.

huom. 5 Tarvittaessa kemiallinen suodatus.

huom. 6 Harkinnan mukaan.

### 9.1 Koneellinen ilmanvaihto

Koneellinen ilmanvaihto tarvitaan tiloissa, joissa luonnollinen ilmanvaihto on liian heikko tai olematon. Koneellinen ilmanvaihto voidaan toteuttaa joko sisään- tai ulospuhalluksella. Ilmanvaihdolla pyritään ilmanlämpötilan alentamisen lisäksi vähentämään pölyä ja likaantumista. Tästä syystä on tärkeitä ottaa huomioon kummantyyppinen puhallus otetaan sähkötiloissa käyttöön.



Koneellisessa ilmanvaihto- tai jäähdytysjärjestelmissä on otettava huomioon laitteistosta lähtevä ääni, lämpötila erot sekä kosteus.(ST53.61. 2005, 2-5)

## 9.2 Ilman puhtaus

Kaivosteollisuudessa on erityisen tärkeää huomioida sähkötilojen ilman puhtaus ja siihen kohdistuvat vaatimukset. Ilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa korroosio-ongelmia pitkällä tähtäimellä sähkötiloissa sijaiseviin taajuusmuuttajiin, keskuksiin ja keskuksien kojeistoihin. Taulukossa 2 on tuotu esille korroosiota aiheuttavat epäpuhtaudet.(ST53.61. 2005 , 6)

Taulukko 2 Korroosioita aiheuttavien epäpuhtauksien luokitus (ST53.61. 2005, 6)

Korroosiota aiheuttavat epäpuhtaudet	Luokka			
	pitoisuus ppb ( $\text{mm}^3/\text{m}^3$ )			
	1	2	3	X
Rikkivety ( $\text{H}_2\text{S}$ )	<3	<10	<50	<50
Rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ )	<10	<100	<300	<300
Typen oksidit ( $\text{NO}_x$ )	<50	<125	<1250	<1250
Otsoni ( $\text{O}_3$ )	<2	<25	<100	<100

## 9.3 Jäähdytyskoneiden käyttö, huolto ja kunnossapito

Jäähdytyskoneet luokitellaan kylmälaitteiksi, joten tämä asettaa tarkat rajat sille, mitä käytön aikana voi tehdä ilman kylmälaitteasentajan pätevyyttä. Jäähdytyskoneesta pystytään kuittaamaan mahdolliset viat ja tarkastamaan silmämääräisesti jäähdytyskoneen toiminta. Huolto ja kunnossapito on määritelty valtioneuvoston asetuksessa otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452 laissa. Laitteiston haltija voi laatia laitteistolle käyttö- ja kunnossapitosuunnitelman, jos sille on tarvetta.

## 10 MOOTTORIKESKUKSET

Moottorikeskukset, joita opinnäytetyön toteutuksen aikana tuli esille, olivat rakenteeltaan kennokeskuksia, joiden nimellisjännite on 400 V ja 690 V. Tässä luvussa käsitellään ja tuodaan esille Simocoden ominaisuudet, sulakkeettoman ja sulakkeellisen moottorilähdön ero sekä esitellään moottorikeskusten kunnossapitoon liittyviä asiakohdat.

Moottorikeskuksissa oli pääpiirikytkentöinä:

- suora kytkentä
- suunnanvaihtokytkentä
- säädettyjä käyttöjä.

(SFS 16-käsikirja 2003, 58)

Moottorikeskuksissa simocode on käytössä kahdella eri tapaa: osassa lähdöistä se on vain moottorilähdön suojausreleenä ja osassa lähdöistä se toimii ohjattuna moottorilähtönä. Ohjattu moottorilähtö voi olla esimerkiksi suunnanvaihtokytkentä. Suora kytkentälähdöt voivat olla myös säädettyjä käyttöjä, tällöin moottorikeskuksessa oleva Simocode toimii suojausreleenä, ei ohjausreleenä.

### 10.1 Simocode-moottorin suojaus ja ohjaus

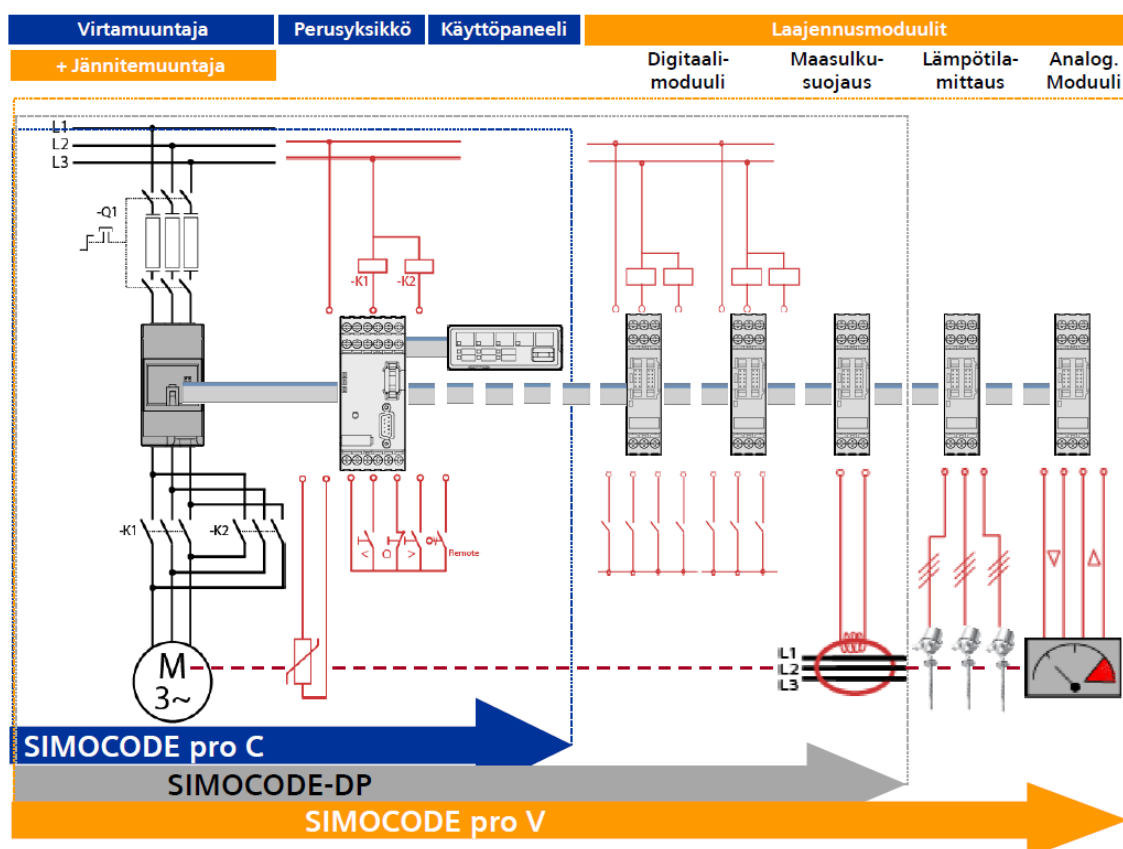
Simocode Pro C ja Simocode Pro V toimivat moottorin suojaus- ja ohjausjärjestelmät. Simocode on komponentti, joka muodostaa älykkään yhteyden automaatiojärjestelmä ja moottorilähdön välille. Simocoden tehtävä on optimoida automaatiojärjestelmän ja moottorilähdön välinen liikennöinti ja parantaa laitteiston käytettävyyttä. Ominaisuuksista tärkeimmät ovat kuitenkin yksityiskohtaiset käyttö-, huolto- ja diagnostiikkatiedot, joiden avulla moottorin

toiminnan analysointi helpottuu. Kuvassa 3 on Simocode pro C-moduuli. (Simocode 3UF7- manuaali, 8/5)



Kuva 3 Simocode Pro C

Simocodejen Pro C ja Pro V suurin ero on niiden laajennusmahdollisuudet. Simocode Pro C soveltuu pääasiassa suora- ja suunnanvaihtokäynnistin ohjaukseen tai kompaktikatkaisijan ohjaukseen. Simocode Pro V on muunneltavissa järjestelmänehtojen mukaan, muunneltavuuden tukena ovat järjestelmää tukevat laajennuskortit. Laajennuskorteilla on mahdollista lisätä tuloja, lähtöjä ja toimintoja hallitusti ja halutusti. Molemmissa simocodeissa on sama ohjelmisto, Simocode ES. Ohjelmiston avulla saadaan simocode parametroitua ja diagnostiikka tiedot ylös kunnonvalvontajärjestelmään. Kuviossa 7 on simocodesta havainnekuvio. (Simocode 3UF7- manuaali, 8/5)



Kuvio 7 Simocoden havainnointikuvat (Simocode 3UF7- manuaali 2015, )

## 10.2 Sulakkeeton moottorilähtö

Sulakkeeton moottorilähtö voidaan toteuttaa moottorisuojakytkimillä tai ilma- tai kompaktikatkaisijoilla. Sulakkeettomassa moottorilähdössä komponentteihin asetellaan toiminta-ajat. Toiminta-aika on oikosulkutilanteissa huomattavasti nopeampi kuin sulakkeellisessa järjestelmässä. Sulakkeettomassa moottorilähdössä on kuitenkin huomioita selektiivisyys, katkaisukyky ja virtarajat. (ST53.45. 2004, 10)

## 10.3 Sulakkeellinen moottorilähtö

Sulakkeellinen moottorilähtö on ns. perinteinen moottorilähtö. Moottorilähdössä komponentteina ovat sulakkeet tai kytkinvaroke, kontaktori ja lämpörele. Sulakkeet toimivat oikosulkusuojauksena ja lämpörele ylikuormitussuojana. Sulakkeiden oikosulkuvirtaa rajoittava ominaisuus edesauttaa kontaktorin ja

lämpöreleen mitoitusta. Sulakkeen ansiosta voi kontaktorin ja lämpöreleen mitoittaa alle maksimioikosulkuvirran. (ST53.45. 2004, 10)

#### 10.4 Moottorikeskuksen kunnossapito

Moottorikeskuksille tehdään ennakkohuoltolina lämpötilamittaukset ja aistinvarainen tarkastus ja tarvittaessa kuormitusvirranmittaus. Lämpötilamittaukset tehdään moottorikeskuksille samalla tavalla kuin sähkötiloille. Erona on kuitenkin se, että lämpötilanmittaus tai kuormitusvirranmittaus kohdistetaan suoraan tiettyyn moottorikeskukseen tai yksittäiseen moottorikeskuksen kennoon. Itse moottorikeskuksen kennostoihin tehdään aistinvaraiset tarkastukset aina, kun se on mahdollista suorittaa turvallisesti.

Säköturvallisuus edellyttää tiettyjä huoltotoimenpiteitä. Taulukosta 3 huomataan, että sähköturvallisuuden edellyttämät huoltotoimenpiteet on suoritettava säännöllisin väliajoin.

Taulukko 3 Moottorikeskuksien kunnossapitoaikataulukutus (ST96.03. 2002,16)

Moottorikäyttöjen hoidon ja kunnossapidon toimenpide määrittäminen	
<b>Säköturvallisuuden edellyttämät hoitotoimenpiteet ST96.03</b>	
Turvalaitteiden toiminta	a/3
Mekaaninen kunto ja kiinnitykset	a
Jäähdytyksen toiminta	a
Sj.-moottorien tarkastukset	4a
puhdistus	4a
eristysvastusmittaus	4a
tukirakenteiden tarkastus	4a
käämitys	4a
laakerit	4a
laakereiden kunnon tarkastus	a

## 11 TAAJUUSMUUTTAJAT

Taajuusmuuttaja on tehoelektroniikkalaite, jolla säädetään kolmivaiheisten moottorien yleensä oikosulkumoottorien pyörimisnopeutta. Taajuusmuuttajia käytetään yleensä kuljettimien, pumppujen, jauhinmyllyjen ja puhaltimien ohjaamiseen. (Mäkinen ym. 2009, 139)

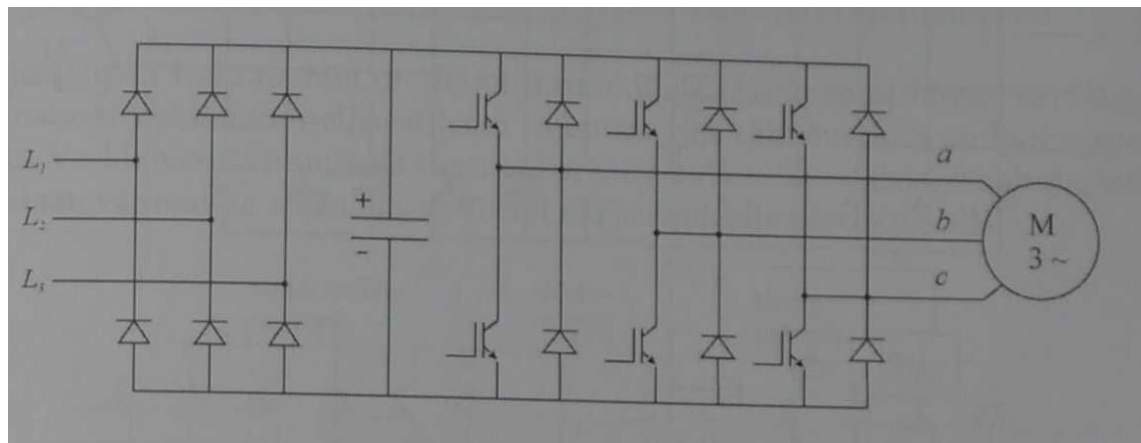
Taajuusmuuttajat ovat osa nykyistä modernia teollisuussähköistystä ja siksi ne ovat myös osana kunnossapitoa. Taajuusmuuttajasovelluksia on nykyisin lukematon määrä, taajuusmuuttaja ohjaa moottoria, mutta se toimii yhteistyössä esimerkiksi älykkään moottorikeskuksen ja automaatiojärjestelmän kanssa.

### 11.1 Taajuusmuuttajan jännitealueet ja sähköiset kytkennät

Pääasiallinen toimintajännite on 400V – 690 V kolmivaiheisessa vaihtovirrassa. Taajuusmuuttajia valmistetaan yksivaiheiselle jännitteelle eli 230 voltille, tämä jännitetaso on kuitenkin harvinaisuus teollisuuskäytöissä. Suurin osa sähkömoottoreista toimii 400 V-690 V pääjännitteellä. Kaivosteollisuudessa ja raskaassa prosessiteollisuudessa käytössä on pääsääntöisesti 690 V. (Mäkinen ym. 2009, 140)

Taajuusmuuttajan oma syöttöjännite ei ole aina kolmivaiheinen vaan pienimmät taajuusmuuttajat toimivat yksivaiheisella 230 VAC sähköllä, tällöin taajuusmuuttajan sisäinen säätöpiiri muodostaa moottorille 3×230 VAC säädetävän kolmivaiheisen vaihtojännitteen. (Mäkinen ym. 2009, 140)

Tyypillinen säädetty sähkömoottorikäyttö on ratkaisu, jossa yhdellä taajuusmuuttajalla syötetään yhdelle sähkömoottorille. Taajuusmuuttaja ohjaa moottorin toimintaa ja suojaa moottoria vikatilanteissa ylikuormalta ja jumitilanteilta. Kuviossa 8 on tuotu esille säädetty sähkömoottorikäyttö, jossa sähkömoottoria ohjataan taajuusmuuttajalla (Hietalahti 2012, 75)



Kuvio 8 Säädetty sähkömoottorikäyttö (Hietalahti 2013, 75)

#### 11.1.1 ABB:n taajuusmuuttajat

Käytössä olevat ABB:n taajuusmuuttajat ovat ACS800-sarjaa, R6 runkokoolla. Taajuusmuuttajassa on 6-pulssinen tasasuuntaaja, joka muuntaa kolmivaiheisen vaihtojännitteen tasajännitteeksi. Sisäänrakennetulla IGBT:llä ohjataan moottoria. IGBT-transistori on vaihtosuuntaaja, joka pystyy muuntamaan sähkön molempiin suuntiin. (ABB ACS800-01, 25-26)

#### 11.1.2 Vaconin taajuusmuuttaja

Vaconin taajuusmuuttajien toiminta perustuu samantyyppiseen tekniikkaan kuin edellisessä kappaleessa mainitun ABB taajuusmuuttajien toiminta. Taajuusmuuttajien käyttöalue on 220 V – 690 V ja tehoalue on varsin laaja 0,55 kW-560 kW. Taajuusmuuttajat tyypit olivat NXL, NXS, NXP ja Vacon 100. Vacon on kehitellyt sovellusoppaan, joka soveltuu jokaiseen taajuusmuuttajatyypin, tämä helpottaa vian etsintää ja parametointia.

#### 11.2 Taajuusmuuttajavalmistajien huoltosuositukset

Käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmissa on otettu huomioon taajuusmuuttajavalmistajien manuaaleissa ilmenneet huoltosuositukset.

Käytössä olevat huolto- ja kunnossapitosuunnitelmat on kohdistettu muuttuvan kaivosympäristön mukaan, mikä tarkoittaa suosituksia tiheämpää huoltoväliä.

Huoltoväli	Huoltotoimenpide
Tarvittaessa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Puhdista jäähdytyslementti.</li> </ul>
Säännöllisesti	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarkista liittimien kiristysmomentit.</li> </ul>
12 kuukautta (varastoitaessa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lataa kondensaattorit (katso luku 3.3.1).</li> </ul>
6–24 kuukautta (ympäristön mukaan)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarkista I/O-liittimet ja ohjausliittimet.</li> <li>Puhdista jäähdytystunneli.</li> <li>Tarkista puhaltimen kunto ja tarkista, onko liittimissä, kokoojakiskoissa tai muilla pinnoilla korroosiota.</li> <li>Tarkista ovisuodattimet, jos laite on asennettu kaappiin.</li> </ul>
5–7 vuotta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vaihda puhaltimet: <ul style="list-style-type: none"> <li>– pääpuhallin</li> <li>– sisäinen IP54-puhallin</li> <li>– kaapin jäähdytyspuhallin/suodatin</li> </ul> </li> </ul>
5–10 vuotta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vaihda DC-väljän kondensaattorit.</li> </ul>

Kuvio 9 Vacon huoltosuositukset NX-sarjan taajuusmuuttajille (Vacon taajuusmuuttaja NX-laiteopas, 14)

Yllä olevassa kuviossa 9 on esimerkkinä Vacon taajuusmuuttajavalmistajan huoltosuositus. Kuviossa 10 on ABB taajuusmuuttajavalmistajan huoltosuositukset.

Huolto	Väli	Ohje
Kondensaattorien ylläpito	Vuosittain, jos taajuusmuuttajaa pidetään varastossa	Katso <i>Kondensaattorien ylläpito</i> .
Jäähdytyslementin lämpötilan tarkistus ja puhdistus	Riippuu ympäristön pölyisyydestä (6 - 12 kuukauden välein)	Katso <i>Jäähdytyslementti</i> .
Jäähdytyspuhaltimen vaihto	6 vuoden välein	Katso <i>Puhallin</i> .
Lisäjäähdytyspuhaltimen vaihto IP 55- ja IP 21-yksiköissä, jos mukana	3 vuoden välein	Katso <i>Lisäpuhallin</i> .
Runkokokoo R4 ja suuremmat kondensaattorien vaihto	10 vuoden välein	Katso <i>Kondensaattorit</i> .

Kuvio 10 ABB:n huoltosuositus taajuusmuuttajille (ACS800-01 laiteopas 77)

Taajuusmuuttajien vikatilanteita voidaan tarkastella ja tutkia valmistajien omilla PC-ohjelmilla. PC-ohjelmiston avulla voidaan nopeasti ja turvallisesti muuttaa parametreja sekä diagnosoida käynnistysvirtoja että vertailla eri sovelluksia. PC-ohjelmistolla voidaan myös etsiä vikaa taajuusmuuttajan sisältä.



## 12 VALAISTUSJÄRJESTELMÄT

Valaistusjärjestelmien on toimittava kaivosteollisuudessa tilanteessa kuin tilanteessa, siksi ne ovat yleisesti UPS- tai omavalvontajärjestelmällä tuettuja ratkaisuja. Valaistuksella on merkittävä tehtävä olla osa turvallista työskentelyä ja koneiden kunnonvalvontaa.

Kaivosteollisuudessa valaistuksella on omat laatukriteerit, kuin myös huoltokin on muokattu kaivosteollisuutta vastaavaksi. Kaivosvalaistuksen laatukriteereinä toimivat seuraavat asiakohdat; valaistustaso, valaistusteho, häikäisyn rajoittaminen ja valojen värisävyt. (Paalumäki ym. 2015, 294)

### 12.1 Suojaukset

Valaistus- ja pistorasiakeskuksissa suojauksina voi olla tulppasulakkeita, johdonsuojakatkaisijoita ja vikavirtasuojia. Nykyisin vaatimuksena on, että kaikissa pistorasia lähdöissä on vikavirtasuojaus sekä johdonsuojakatkaisija tai tulppasulake.

### 12.2 GPO-keskukset

GPO-keskukset ovat prosessitiloissa sijaitsevia pistorasiakeskuksia kunnossapito- ja huoltotöitä varten. GPO-keskukset ovat osa huoltosähköverkkoa. Pistorasiakeskuksien syötöt tulevat valaistuskeskuksista. Pistorasiakeskukset sisältävät yleensä käyttökytkimen, johdonsuojakatkaisijat, vikavirtasuojaukset. Yleisimmät pistorasialähdöt ovat perinteinen yksivaiheinen pistorasia, 16 A sekä kolmivaiheiset pistorasia, jotka ovat 16-32-63A kokoisia. Pistorasiakeskuksia voidaan käyttää, kun itse tuotantoprosessi on pysähdyksissä.

### 12.3 Valaistushuolto ja kunnossapito

Valaistushuoltoa tehdään jatkuvasti kentällä. Jo pelkällä aistinvaraisella tarkastuksella saadaan selville, onko valaistus kunnossa. Valaisimien kohdalla

kunnossapidossa on otettava huomioon käytettyjen lamppujen ominaisuudet ja niiden käyttöikä. Valaisin kunnossapidossa pitää ottaa huomioon asennusympäristön olosuhteet ja se, missä valaisin sijaitsee. Siksi osana valaisimien kunnossapitoa tehdään tarvittaessa valaisinpuhdistuksia, jotta ne pysyvät toimintakykyisinä mahdollisimman pitkään. Yleensä valaisimet tarkastetaan ryhmäkohtaisesti.

Pistorasiakeskuksissa huoltotoimenpiteinä ovat suojauksien toiminta ja vikavirtakytkimen testaus. Mahdollisia kunnossapitotoimenpiteitä ovat sekä yksi- että kolmivaiheisten pistorasioiden vaihdot. Aistinvarainen tarkastus toteutetaan silmämääräisesti, kun työskennellään pistorasiakeskuksien läheisyydessä. Tällöin tulee kiinnittää huomiota muun muassa siihen, ovatko pistorasiakeskuksen tai -kojeiden kannet ehjinä tai paikoillaan.

### 13 SAATTOLÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Saattolämmitykset olivat osana käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmaa. Kaivosteollisuudessa saattolämmityksiä käytetään sulanapidossa ja putkien lämmitykseen.

Yleisimmät käytössä olevat lämmityskaapelit ovat vakiovastus, itsesäätyvä ja vakimetrittehoinen kaapeli. Lämmityskaapelien on oltava standardien SFS 6000 luvun 753 mukaiset rakenteeltaan ja rakenteelle on luokiteltu mekaaniset lujuusluokat. Taulukossa 4 on tuotu esille lämmityskaapeleiden mekaaniset lujuusluokat. (ST55.16. 2006, 2)

Taulukko 4 Lämmityskaapelien rakenteelliset vaatimukset (ST55.16. 2006, 2)

Lujuusluokka	Lujuusluokan kuvaus	Kaapelin mekaanisen kuormankesto (Newton)	Vetolujuus vaatimus (SFS-IEC 800)
A	Alhainen mekaaninen lujuus	300 N	120 N
B	Keskimääräinen mekaaninen lujuus	600 N	120 N
C	Korkea mekaaninen lujuus	1200 N	120 N

#### 13.1 Vakiovastuskaapeli

Vakiovastuskaapeli on yleisin käytössä oleva lämmityskaapelirakenne. Kaapelin rakenne voi olla 1-johdinkaapeli tai 2-johdinkaapeli. Kaapelit eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan. 2-johdinkaapelissa voidaan käyttää toista johdinta vastuselementtinä jolloin toinen on paluu linja tai molemmat johtimet voivat olla vastuselementteinä. 1-johdinkaapelissa johdin toimii vastuselementtinä. (ST55.16. 2006, 2)

Sekä 1- että 2-johdinkaapeli on asennettava silmukalle ja kaapelin loppupäähän on asennettava pääte, jossa johdot yhdistyvät. Useimmin kaapelit ovat asennusvalmiita elementtejä, joissa on valmiiksi merkitty ns. kylmäpää, johon kytketään kaapelin syöttö. Vakiovastuskaapelin teho on kääntäen verrannollinen kaapelin pituuteen. (ST55.16. 2006, 3)

### 13.2 Itsesäätyvä kaapeli

Itsesäätyvä kaapeli muodostuu kahdesta johtimesta, jotka ovat puolijohtavaa materiaalia. Kaapelin resistanssi muuttuu lämpötilan muuttuessa siten, että kaapelin lämmitessä sen resistanssi kasvaa. Lämmitessään kaapeli rajoittaa itse oman tehonsa. Kaapeli pyrkii pysymään mahdollisimman stabiilissa lämpötilassa riippumatta ympäristönlämpötilasta. Itsesäätyvää kaapelia käytetään vesijohtojen ja kourujen sulatukseen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen, kun kiertovesipumppu ei ole käytössä. Itsesäätyviä kaapeleita käytetään teollisuudessa putki-, venttiili- tai tukivarsiasennuksissa. (ST55.16. 2006, 3)

### 13.3 Saattolämmitysjärjestelmän kunnossapito

Saattolämmitysjärjestelmien kunnossapidossa on tarkastettava silmämääräisesti keskuskeskukset, säätimet ja kaapeleiden lämpötilat. Jos kaapelien lämpötiloissa on suuria heittoa, pitää kaapelista mitata vastus ja jatkuvuus. Vastus- ja jatkuvuusmittauksella varmistetaan, onko kaapeli poikki. Kunnossapitotarkastukset kannattaa suorittaa kesällä tai lämmityskauden lopussa tai alussa säännöllisesti ja niissä nähdään mahdolliset vikalaukaisut, hälytykset ja ohjausjärjestelmä viat.

## 14 VARMENNETUT SÄHKÖNSYÖTTÖJÄRJESTELMÄT

Varmennetut sähkönsyöttöjärjestelmät olivat osana käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmaa. Luvussa tuodaan esille työn aikana eteen tulleet varmennetut sähkönsyöttöjärjestelmät ja niiden ominaisuudet ja kunnossapitoon liittyvät asiat.

### 14.1 UPS-järjestelmä

UPS on keskeytymättömän sähkönsyötön järjestelmä. UPS-laite syöttää häiriötöntä ja katkeamatonta vaihtosähköä kriittisille kuormille. Tällaisia kriittisiä kuormia ovat esimerkiksi valaistukset ja kentällä sijaitsevat pistorasiakeskukset ja erilaiset automaatiojärjestelmät. UPS-laitteistoja voidaan hallinnoida myös etänä tai paikallisesti. (ST 96.32. 2002, 1)

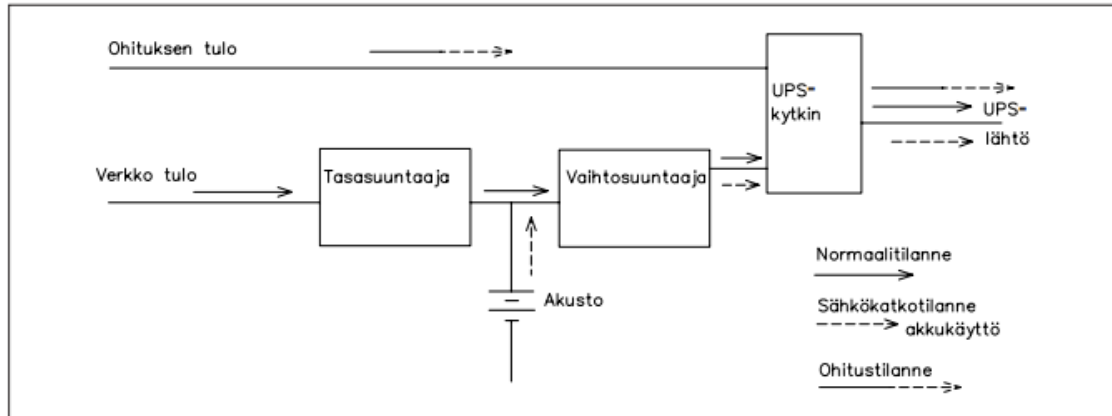
Perustoimintoihin kuuluu vaihtosähkön muuttaminen tasasähköksi ja tasasähkön muuttaminen vaihtosähköksi puolijohdesiltoja käyttäen. Perustoimintoihin kuuluu myös automaattinen UPS-laitteen ohitustoiminto ylikuorma- ja vikatilanteita varten. Manuaalinen ohitustoiminto on tarpeen huoltoja suoritettaessa. (ST 96.32. 2002, 1)

UPS-järjestelmä koostuu UPS-laitteesta tai rinnankytketyistä UPS-laitteista, keskuksista ja varmennetun sähkön keskuksista. Varmennustaso on sähkönsyötön varmennuksen taso, joka on valittu tavoitteeksi kriittisen käytön sähkönsyöttöratkaisun suunnittelulle. (ST 96.32. 2002, 1)

Käytössä olevat UPS-laitteet ovat Double conversion –laitteita. VFI-luokka on Standardin SFS-EN 62040-3 luokituskoodi double conversion -UPS-laitteelle. UPS-laitteen lähtö on riippumaton syöttävän sähköverkon jännitteen- ja taajuudenvaihteluista. (ST52.35.01. 2010, 4)

Double conversion -UPS-laitteista käytetään usein epävirallista nimeä ”On-Line UPS”. Käytössä on myös standardin mukaisen nimen suomennos, kahden

muunnoksen UPS. "On-Line UPS" tarkoittaa, että kriittistä kuormaa syöttää aina vaihtosuuntaaja riippumatta UPS:ia syöttävän verkon tilasta. Kuviossa 11 on tuotu esille Duoble conversion-UPS-laitteen peruseriaate. (ST52.35.01. 2010,4)



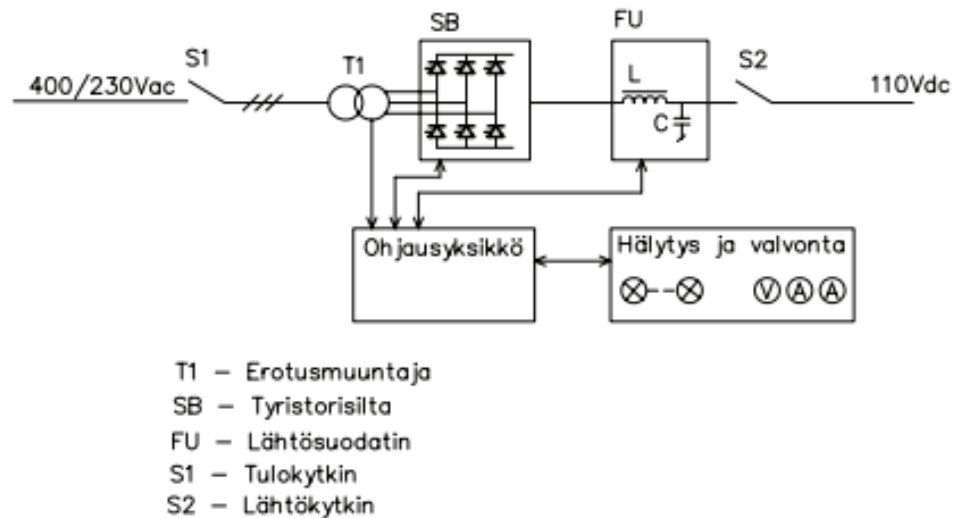
Kuvio 11 Duoble conversion-UPS-laitteen periaate (ST52.35.01. 2010, 4)

#### 14.2 110 VDC - apujärjestelmä

Tasasähköjärjestelmiä on viestintäverkon tehonsyötössä, automaation tehonsyötössä sekä sähkölaitosten ja teollisuuden apujärjestelmien tehonsyötössä. (ST-käsikirja 20. 2005, 80)

Tasasähköjärjestelmät ovat akkuvarmennettuja tasasuuntaajajärjestelmiä. Jännitteet ovat viestintäverkon tasasähköjärjestelmillä 48 VDC (24 VDC), automaation järjestelmillä 24 VDC tai 60 VDC ja sähkölaitosten ja teollisuuden järjestelmillä 110 VDC tai 220 VDC. (ST-käsikirja 20. 2005, 80)

Tasasuuntaajat ovat tyypillisesti tyristoreilla toteutettuja 6- pulssisia tai 12- pulssisia tasasuuntaajia. Niissä on galvaanisen erotuksen tekevä tulomuuntaja, tasasuuntaussilta ja tasajännitteen LC-suodin. Kuviossa 12 on periaatekuva apusähköjärjestelmästä. (ST-käsikirja 20. 2005, 82)



Kuvio 12 Apusähköjärjestelmän periaatekuva (ST-käsikirja 20. 2005, 83)

### 14.3 Akustot

Akusto varmistaa UPS-laitteissa ja apusähkölaitteissa yleensä laitoksen kriittisimpien laitteiden sähkön saannin ja siltä vaaditaan suurta toimintavarmuutta ja myös asianmukaista kosketussuojausta. Akusto suojataan mahdollisimman lähellä akuston napoja olevilla pääsulakkeilla, jotka sijoitetaan mieluummin eri koteloihin. ( ST-käsikirja 20. 2005, 178)

Akuston paljaiden osien kosketussuojauksessa on noudatettava standardisarjan SFS 6000 soveltuvia osia seuraavasti: Kun akustopiiri on joko SELV- tai PELV-piiri, on myös akuston latauslaitteiden täytettävä suojajännitteille asetettavat vaatimukset. SELV-piirissä kosketussuojausta ei vaadita sykkeettömällä, enintään 60 V jännitteellä. PELV-piirissä raja on sama, mikäli kyseessä on rakennuksen sisällä oleva kuiva tila, jossa ei ole ihmisen kosketeltavissa olevia jännitteisiä pintoja. Muissa tapauksissa raja on 15 V. Rakennusten ulkopuolella PELV-piirit on aina kosketussuojattava. ( ST-käsikirja 20. 2005, 178)

Vaikka kosketussuojausta ei vaadittaisikaan, on suositeltavaa, että nimellisjännitteeltään yli 24 V akusto sijoitetaan siten, etteivät sivulliset henkilöt pääse koskettelemaan jännitteisiä osia. On aina suositeltavaa käyttää

navoistaan kosketussuojattuja akustoja. Akuston syöttämistä piireistä suojataan kaikki jännitteiset osat nimellisjännitteestä riippumatta. ( ST-käsikirja 20. 2005, 178-179)

FELV-piiriksi katsottava akustopiiri on suojattava koskettamiselta jännitteestä riippumatta. Kaikki enintään 120 V akkupiirit, joiden latauslaitteet eivät täytä suojajännitteille asetettuja vaatimuksia, ovat FELV-piirejä. Yli 120 V akustopiirit rinnastetaan tavalliseen verkkojännitteeseen latauslaitteen tyypistä riippumatta. ( ST-käsikirja 20. 2005, 179)

Mikäli akusto vaatii kosketussuojauksen ja halutaan käyttää kosketussuojaamattomia akustoja, sijoitetaan akusto sähkötilaan mieluummin omaan akustohuoneeseensa. Sähkötilassa akusto pyritään sijoittelemaan niin, ettei kahden samanaikaisesti kosketeltavan metalliosan jännite ole vaarallisen suuri. Kosketusetäisyydeksi katsotaan 2,5 m. Akuston yhteyteen tulee varata riittävät hoitokäytävät. ( ST-käsikirja 20. 2005, 179)

#### 14.4 Varmennettujen sähkönsyöttöjärjestelmien kunnossapito

Apusähköjärjestelmien ja UPS-järjestelmien kunnossapidossa on hyvin paljon yhtäläisyyksiä käytössä ja kunnossapidossa. Molempien akkuja on tarkkailtava säännöllisesti aistinvaraisesti ja säännöllisellä huoltopäiväkirjalla.

Varmennetuille sähkönsyöttöjärjestelmille tehdään kerran vuodessa määräaikaistarkastus. Määräaikaistarkastuksen tukena ovat päivittäiset tai viikoittaiset laitteiston silmämääräiset tarkastukset osana jatkuvaa kunnossapitoa. Apusähkökeskukselle tai UPS-laitteistolle ei saa tehdä muutoksia kuin valmistajan kouluttama henkilö. Taulukossa 5 on tuotu esille varmennettujen sähkönsyöttöjärjestelmien kunnossapitoaikataulutus.



Taulukko 5 Varmennettujen sähkönsyötön järjestelmien kunnossapitosuunnitelman aikataulutus (ST96.03. 2002, 16-17)

<b>UPS laitteet:</b>	<b>ET</b>	<b>T</b>	<b>K</b>	<b>EK</b>	<b>TE</b>
Kunnon tarkastus sähköturvallisuuden kannalta	1a	3a	6a	pv	SÄ
<b>Muut huoltotoimenpiteet:</b>					
Latauksen toiminta	a/12	a/12	a/12	pv	SÄ
Akuston toiminta	a/12	a/12	a/12	pv	SÄ
<b>Tasavirtalaitteet:</b>	<b>ET</b>	<b>T</b>	<b>K</b>	<b>EK</b>	<b>TE</b>
Kunnon tarkastus sähköturvallisuuden kannalta	1a	3a	6a	pv	SÄ
<b>Muut huoltotoimenpiteet:</b>					
Latauksen toiminta	a/12	a/12	a/12	pv	SÄ
Akuston toiminta	a/12	a/12	a/12	pv	SÄ
Purkauskoe	4a	4a	2a	tarv.	SÄ

Taulukon 5 mukaiset ennakkohuoltotehtävät voidaan toteuttaa ilman valtuutettua laiteasentajaa, mutta tätä laajemmissa huolloissa ja määräaikaistarkastuksissa on oltava valtuutettu laitteiston tarkastaja.

## 15 KÄYTTÖ- JA KUNNOSSAPITOSUUNNITELMASTA

Käyttö ja kunnossapitosuunnitelma laadittiin ST-kortiston ohjeistuksien mukaan. Sähkölaitteistojen nimeämisissä käytettiin S2010-nimikkeistöä. Hoidon ja kunnossapidon toimintajaksojen määrittämiseen käytettiin ST96.03 ohjeistuksessa määriteltyjä vaatimusluokkia. Vaativuusluokat muokattiin vastaamaan kaivosteollisuuden ja toimeksiantajan tarpeita.

Käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmien toteutus aloitettiin tekemällä yleisohjeistus eli niin sanottu vuosihuoltosuunnitelma. Vuosihuoltosuunnitelman lisäksi tehtiin yksilöidyt käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmat alle 1000 V järjestelmille. Yksityiskohtaisiin käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmiin kirjattiin ylös sähkötiloissa sijaitsevat sähkökeskukset ja niiden tärkeimmät lähdöt.

Käyttö- ja kunnossapitosuunnitelma on laadittu niin, että se voi olla käytössä järjestelmien elinajan. Käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmissa on otettu huomioon sähköalan työturvallisuutta koskevat määräykset sekä kaivosympäristön asettamat turvallisuusvaatimukset. Jokaisen laitteiston kohdalla on tutkittu myös mahdolliset valmistajien vaatimat huoltovälit ja turvallisuushuomiot.

Työssä on otettu huomioon järjestelmässä valmiit olleet ennakko-ohjelmat, jotka laajennettiin käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmaksi. Suunnitelmissa on korostettu myös mahdollisten lisäyksien kirjaamista järjestelmään ja dokumentteihin. Jokaiselle alle 1000 V järjestelmälle luotiin kunnossapitosuunnitelmaan oma aikataulus, jonka pohjalta tullaan luomaan uudet ennakko- ja kunnossapitohuoltotyöt.

## 16 POHDINTA

Työ oli kokonaisuudessaan todella laaja suhteutettuna aikaan. Otin kuitenkin ajan niukkuuden positiivisena haasteena. Työn aikana tuli perehdyttyä moniin uusiin ja vanhoihin tuttuihin komponentteihin teoriassa ja käytännössä. Teorian ja käytännön soveltaminen toimi työn suurimpana motivaationa. Työn aikana tuli perehdyttyä ja opittua asioita, joita ei ole tullut ennen työelämässä vastaan.

Haasteellisin osuus työssä oli kirjoitetun teorian soveltaminen opinnäytetyön tarpeisiin ja valmistajien manuaalien etsiminen. Monen järjestelmän kohdalla manuaaleja oli vain toimeksiantajan versio tai manuaali oli löydettävissä netistä. Haastetta tuottivat myös valmistajien huolto-ohjeistukset järjestelmille joita oli vain yhdet kappaleet, jos niitäkään.

Vaikka haasteita oli ajan, materiaalien ja järjestelmien tutkimisen suhteen. Opinnäytetyön molemmista versioista tuli todella hyvät ja kattavat. Molemmissa versioissa on huomioitu perusasiat järjestelmistä, jotka toimivat käyttö- ja kunnossapitosuunnitelman runkona. Opinnäytetyön tavoitteet täyttyivät, opinnäytetyön tulokset käyttö- ja kunnossapitosuunnitelmat jäivät kaivoksen sähkökunnossapidon käyttöön ja muokattavaksi.

Käyttö- ja kunnossapito on aiheena todella laaja ja suunnitelmia on yhtä monta kuin tekijöitä. Työn aikana opin ymmärtämään paremmin käytön ja kunnossapidon saumattoman yhteistyön merkityksen. Oppimista tukivat myös käytännön työt, jotka tukivat uutta ymmärrystä nimenomaan raskaan teollisuuden käyttö ja kunnossapidon osalta.

## LÄHTEET

ABB ACS800-01 taajuusmuuttajat 0,55-200 kW 2008, Laiteopas.

Ahoranta J. 2005. Sähköasennustekniikka 1-4. painos. Helsinki: WSOY.

Etto, J. 1998. Kunnossapitokoulu 48, Prosessisähköistyksen kunnossapito, sisäinen PDF.

First Quantum of Minerals 2015. Kevitsan kaivos. Viitattu 1.6.2015.  
<http://www.first-quantum.com/OurBusiness/operatingmines/Kevitsa/default.aspx>

FQM Kevitsa Mining Oy 2012. Kaivosalueen kuva.

Hietalahti, L. P.2013. Teollisuuden sähkökäytöt. 1. painos. Vantaa: Tammertekniikka.

Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517.

Paalulahti T. & Lappalainen P. & Hakapää A. 2015. Kaivos- ja Louhintatekniikka 3. painos. Tampere: Juvenes Print Oy.

Planray Oy, Blue Trace sähkölämmityssäädin, Käyttöohje 2011.

Mäkinen M. & Kallio R. & Tanterinmäki R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatio 1.painos. Keuruu: Otava kustannus.

SFS koneturvallisuusesite 2014, viitattu 21.7.2015  
<http://www.sfs.fi/files/63/koneturvallisuusesite2014web.pdf>.

Siemens.fi, Sirius & Simocode 2015. Viitattu 1.6.2015.  
[http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/pienjannitekojeet/kytkenta\\_suojaus\\_ja\\_ohjaus/moottorinsuojakytkimet\\_sirius.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/pienjannitekojeet/kytkenta_suojaus_ja_ohjaus/moottorinsuojakytkimet_sirius.htm)

Siemens AG. 2011 Moottorin suojaus- ja ohjauslaitteet simocode 3UF manuaali.

Suomen Standardisoimisliitto, 2003 . SFS 16-käsikirja, Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset. Vakiosovelluksia enintään 1000 V moottorikäyttöille 5.painos.

Sähkötieto RY, ST-kortisto ST52.35.01 UPS-laitteet ja järjestelmät 2010.

Sähkötieto RY, ST-kortisto ST53.45 Sulakkeeton suojaus 2004.

Sähkötieto RY, ST-kortisto ST53.61 Sähkötilojen ilmanvaihto ja jäädytys 2005.

Sähkötieto RY, ST-kortisto ST55.16 Rakennuksissa käytettävät lämmityskaapelit 2006.

Sähkötieto RY, ST-kortisto ST96.03 Hoidon ja kunnossapidon toimenpidejaksojen määrittäminen 2002.

Sähkötieto RY, ST-kortisto ST96.32 UPS-järjestelmät, käyttö, ylläpito ja huolto 2010.

Sähköinfo Oy & STUL ry. 2012 D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksissa 20. painos. Helsinki: Painokurki Oy.

Sähköinfo Oy & STUL ry. 2010 Sähköasennukset 2. 2.painos. Helsinki: Painokurki Oy.

Sähköinfo Oy & STUL ry. 2010 Sähköasennusopas. 8.painos. Helsinki: Painokurki Oy.

Sähkötieto RY, 2005 Varmennetut sähkönjakelujärjestelmät ST- käsikirja 20 1.painos. , Forssa: Forssan Kirjapaino Oy.

Sähtöturvallisuuslaki 14.6.1996/410.

Sähtöturvallisuusasetus 28.6.1996/498.

Valtioneuvoston asetus otsonikerrosta heikentäviä aineita ja eräitä fluorattuja kasvihuonekaasuja sisältävien laitteiden huollosta 18.6.2009/452.

Valtioneuvoston asetus koneiden turvallisuudesta 400/2008.

Vacon, NX-taajuusmuuttajat, all in one-sovellusopas, Laiteopas.